

Aplicação da Metodologia TRIZ e da Filosofia *LEAN* nas Linhas de Enchimento em Indústria Alimentar

Copyright©: David Gonçalo Ferreira Maximiano

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Terminada mais esta etapa da minha vida, com a conclusão do mestrado, gostava de agradecer a todos os que me acompanharam neste percurso de dois anos.

Primeiro de tudo, quero agradecer aos meus pais e família, que muito lutaram para me permitir a realização deste curso, em especial à minha mãe e avó. Agradeço também aos meus amigos, pois sem eles, estes dois anos não teriam sido a mesma coisa, em especial aos meus colegas Gonçalo Matos, Miguel Leopoldino, Pedro e Daniela Fernandes.

Agradeço também à escola que sempre me acolheu durante estes dois anos, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, bem como a todos os docentes, principalmente à Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas, que me ajudou bastante na realização deste trabalho final, mostrando-se sempre disponível, presente, atenta e preocupada, aprontando-me também para a próxima fase da minha vida.

Por fim, agradeço à empresa FontSalem, por me ter acolhido durante estes 2 meses, principalmente aos meus colegas de trabalho que sempre me acompanharam e ajudaram ao longo deste período, com especial atenção ao Rui Patrício, Rogério Pedro, Rui Branco, Maria de Fátima e Susana Cadavez.

Resumo

Num mercado com constantes modificações e com um crescente nível de competitividade, as organizações vêm-se no dever de inovar, tendo como realidade a melhoria contínua. Para subsistir num mercado altamente competitivo, as organizações procuram diferenciar-se da concorrência por via de utilização de novas metodologias de gestão que permitam aumentar a eficiência dos processos internos. Enquanto que, a filosofia *Lean* visa a melhoria continua, a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas promove a inovação sistemática e a procura por melhorias e soluções para os problemas existentes.

A presente dissertação foi elaborada na empresa FontSalem que se dedica ao fabrico e enchimento de bebidas como cerveja e refrigerantes. O principal objetivo da empresa, relativamente à melhoria contínua, baseia-se na redução dos tempos de produção/enchimento e na redução dos desperdícios de produto e material. Todo o trabalho foi realizado no departamento de enchimento.

O estudo iniciou-se com a análise à situação atual da empresa, o funcionamento das linhas e os respetivos processos. Após a referida análise, foram identificados problemas com potencial de melhoria, em seguida, foram elaboradas propostas de melhoria com recurso a algumas ferramentas da filosofia *Lean*, e TRIZ. Certas propostas foram implementadas com sucesso, outras ainda se encontram em implementação. Foram então criadas várias instruções de trabalho ao longo das várias máquinas das seis linhas de enchimento, visto que estas encontravam-se desprovidas de instruções de trabalho para os operadores. Também foram aplicadas algumas das técnicas da filosofia *Lean* à linha de enchimento 91, nomeadamente 3S e *troubleshooting*.

Com a realização deste trabalho a empresa adquiriu mais disciplina, melhor organização e obteve a consciência da importância e necessidade da melhoria continua na empresa.

Palavras-chave: *Lean*, TRIZ, melhoria contínua, instruções de trabalho, análise substância campo, 3S, ARIZ

Abstract

In a market with constant changes and with the increasing level of competitiveness, organizations have been innovating and having continuous improvement as a reality. In order to survive in a highly competitive market, organizations seek to differentiate themselves from competition by using new management methodologies to improve the efficiency of internal processes.

The Lean philosophy aims at continuous improvement and the Theory of Inventive Problem Solving promotes systematic innovation and the search for improvements and solutions to existing problems.

The dissertation was elaborated in the company FontSalem that is dedicated to the manufacture and filling of drinks like beer and soft drinks, within the scope of a curricular internship. The company's main objective for continuous improvement is to reduce production / filling times and reduce waste of product and material. All work was done in the filling department.

The work began by analyzing the current situation of the company, and the entire operation of the lines and all processes. After this first analysis, some problems and some improvement were identified, some proposals were made and their implementation was made. Some proposals have been successfully implemented others are being implemented. Various procedures / work instructions were then created along the various machines of the six filling lines, since these were devoid of working procedures / instructions for operators. Some of the techniques of the Lean philosophy were also applied to the filling line 91, namely 3S and troubleshooting.

With the completion of this work the company gained some discipline, organization and became more aware of the importance and need for continuous improvement in their organization. Several new procedures were implemented as well as other tools of the TRIZ methodology and Lean philosophy which allowed a reduction of the time.

Keywords: *Lean*, TRIZ, continuous improvement, working instructions, Field Substance Analysis, 3S, ARIZ

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e objetivos do estudo	1
1.3	Estrutura da dissertação	2
2.	Metodologia do estudo	5
3.	Metodologia TRIZ.....	11
3.1	Origem da metodologia TRIZ	11
3.2	Introdução a TRIZ	12
3.3	Características e conceitos da TRIZ	13
3.3.1	Características da TRIZ	13
3.3.2	Conceitos fundamentais	14
3.4	Ferramentas e técnicas.....	18
4.	Fundamentos e técnicas da filosofia <i>Lean</i>	27
4.1	Origem e pilares conceptuais do <i>Lean</i>	27
4.2	Tipos de desperdícios segundo o <i>Lean</i>	29
4.3	Benefícios do <i>Lean</i> e obstáculos á sua aplicação	30
4.4	Ferramentas do <i>Lean</i>	31
5.	Caracterização da empresa	35
5.1	Introdução à FontSalem.....	35
5.2	Caracterização da unidade de enchimento	36
6.	Análise da situação inicial	43

7. Propostas de melhoria	47
8. Discussão de Resultados	65
9. Conclusões	69
Bibliografia.....	71
ANEXO	75

Índice de figuras

Figura 2.1 – Passos da 2ª fase da metodologia.....	7
Figura 2.2 – Sistema Su-Field.....	7
Figura 2.3 – Solução geral 3 adição de uma nova substância.....	8
Figura 2.4 – Principais problemas e as suas soluções.....	8
Figura 2.5 – Ponto Zero RAMA.....	9
Figura 3.1 - ARIZ – Passos mais importantes.....	18
Figura 3.1 - Sistema incompleto.....	22
Figura 3.2 – Solução padrão 1.....	22
Figura 3.3 – Modelo substância campo prejudicial.....	23
Figura 3.4 – Solução padrão 2.....	23
Figura 3.5 - Solução padrão 3.....	23
Figura 3.6 – Modelo substância campo insuficiente.....	24
Figura 3.7 - Solução padrão 4.....	24
Figura 3.8 - Solução padrão 5.....	24
Figura 3.9 - Solução padrão 6.....	25
Figura 4.1 - <i>Toyota Production System</i>	28
Figura 5.1 – Despaletizadora.....	37
Figura 5.2 – Enchedora.....	37
Figura 5.3 – Cravadora.....	37
Figura 5.4 – Rotuladora.....	38
Figura 5.5 – Embaladora.....	38
Figura 5.6 – Paletizadora.....	38
Figura 5.7 – Envolvedora.....	39
Figura 5.8 - Codificadora a laser.....	39
Figura 5.9 - Etiquetadora de <i>packs</i>	39
Figura 5.10 - Sopradora	39
Figura 5.11 – Layout Linha 91.....	41
Figura 6.1 - Carro de troca de formato.....	44
Figura 6.2 - Peças de formatos.....	44
Figura 6.3 - Peças diferentes formatos.....	44
Figura 6.4 - Várias marcações numa máquina.....	45
Figura 6.5 – ARIZ.....	46
Figura 7.1 – Sistema gráfico em estudo.....	48
Figura 7.2 – Solução do sistema em estudo.....	48

Figura 7.3 – Menu inicial codificadora.....	49
Figura 7.4 – Novo formato.....	49
Figura 7.5 – Ajustar altura correta.....	50
Figura 7.6 - Bancada de trabalho.....	52
Figura 7.7 - Local de arrumação.....	52
Figura 7.8 - Zona de trabalho desorganizada.....	52
Figura 7.9 - Pavimento	53
Figura 7.10 - Zona de arrumação de materiais	53
Figura 7.11 - Zona de despejo do barril.....	53
Figura 7.12 - Diferentes zonas da linha de enchimento.....	54
Figura 7.13 - Zonas de limpeza.....	55
Figura 7.14 – Limpeza dos chuveiros de lavagem.....	55
Figura 7.15 – Sujidade no fundo da lavadora externa.....	56
Figura 7.16 - Filtros lavadora externa.....	56
Figura 7.17 - Interior da lavadora externa.....	56
Figura 7.18 – Zona de despejo de barril.....	57
Figura 7.19 – Zona do Despaletizador/Paletizador.....	57
Figura 7.20 – Zona da enchedora/Tanques de movimentação.....	57
Figura 7.21 - Zonas de trabalho.....	63
Figura 8.1 – Motivos de paragens na linha 91.....	65
Figura 8.2 – Motivos de paragens na linha 92.....	66
Figura 8.3 – Motivos de paragens na linha 93.....	66
Figura 8.4 – Motivos de paragens na linha 94.....	67
Figura 8.5 – Motivos de paragens na linha 95.....	67

Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Registo de paragens.....	5
Tabela 2.2 – Motivos de paragem L91.....	6
Tabela 2.3 – Motivos de paragem L92.....	6
Tabela 2.4 – Motivos de paragem L93.....	6
Tabela 2.5 – Motivos de paragem L94.....	6
Tabela 2.6 – Motivos de paragem L95.....	7
Tabela 3.1 - Parâmetros de engenharia.....	19
Tabela 3.2 - Princípios inventivos.....	20
Tabela 3.3 – Situações problemáticas.....	21
Tabela 3.4 – Simbologia usada em modelos gráficos “substância campo”.....	21
Tabela 6.1 – Tipos de paragem.....	45
Tabela 6.2 – Tipos de paragem por média de horas paradas.....	46
Tabela 7.1 - Auditoria 3S.....	51
Tabela 8 – Resultados finais após implementação de melhorias.....	68

Abreviaturas, acrónimos e siglas

ANFABRA Associação Nacional de Fabricantes de Bebidas Sem Álcool

APCV Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja

ARIZ Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

CIP *Clean in place*

JIT *Just in time*

MDD Marcas de distribuição

PET Polietileno tereftalato

RFI Resultado Final Ideal

SuField *Substance Field Analysis*

TPS *Toyota Production System*

TRIZ Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

WIP *Work in Progress*

1. Introdução

Neste primeiro capítulo apresenta-se o enquadramento, os objetivos e a organização da dissertação.

1.1 Enquadramento e objetivos do estudo

No setor industrial, da globalização, a revolução tecnológica e do desenvolvimento das redes logísticas resultou um aumento significativo do nível de competitividade. A estratégia de negócio passou a ser fundamental no triunfo de qualquer empresa. A empresa em estudo tem como principal estratégia de negócio a produção e enchimento de uma grande variedade de produtos *just in time*, que requer uma grande disciplina na produção e enchimento dos produtos, de modo a conseguir entregar o produto em condições e no tempo requerido pelo cliente.

Devido à complexidade que é trabalhar com dezenas de diferentes produtos e marcas, é necessário a implementação de metodologias de gestão que permitam aumentar a eficiência dos processos internos. Deste modo a utilização da metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) é uma ferramenta muito útil, pois incentiva a utilização da inovação sistemática e procura novas soluções criativas para a resolução de problemas existentes. A implementação da filosofia *Lean* leva as organizações a centrarem-se na redução e, se possível, na eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto, tornando a produção mais flexível e melhorando a qualidade dos mesmos.

A dissertação foi elaborada na empresa FontSalem que se dedica à produção e enchimento de bebidas, como cerveja e refrigerantes no departamento de enchimento, que é composto por 6 linhas, uma linha para o barril e tanquetas, outra linha para garrafas, mais duas linhas de latas e duas linhas PET. O presente estudo teve como objetivo fazer uma análise geral ao atual funcionamento e modo de operação das linhas de enchimento, tendo como principal objetivo a redução dos tempos de paragem, que eram muito elevados, bem como dos desperdícios de materiais, que muitas vezes se encontravam associados ao elevado número de paragens. Após feita uma primeira análise verificou-se que os principais motivos de paragem, deviam-se não só à antiguidade das instalações e maquinaria, como também à desorganização das linhas. Todas as operações eram desprovidas de instruções, o que complicava significativamente o trabalho dos operadores levando a muitas paragens, devido a erros ou demora na execução das diversas tarefas. Deste modo, e devido à renovação das instalações e maquinaria ser muito dispendiosa, a apresentação de propostas de melhoria focou-se essencialmente na parte da organização das linhas. Em termos quantitativos, os objetivos do estudo passam por uma redução do tempo de paragem em cerca de 30 %, bem como uma redução de desperdícios de materiais e produto, estando estes diretamente relacionados com as paragens. Os tempos de paragem e o desperdício de material e

produto, estão diretamente relacionados pois na maioria das vezes, as paragens originam produtos não conformes, por exemplo, um mau ajuste da rotuladora ou uma má limpeza, originará um produto não conforme, neste caso, rótulo mal colocado.

Um dos objetivos pessoais neste estudo passa por a organização de todas as linhas, de modo a facilitar o trabalho dos operadores, reduzindo o tempo de operação em determinados processos e erros, ajudando também os operadores a prevenir, identificar e resolver situações mais simples, sem que seja necessário a intervenção da manutenção. Outro dos objetivos, foi expor à empresa a importância de uma melhoria contínua nas organizações, bem como todas as suas mais-valias e simplicidade de aplicação. Foi formulada uma base de dados para todas as implementações, ficando estas registadas e devidamente identificadas, possibilitando o seu acompanhamento e melhoria contínua, ficando o responsável do departamento de enchimento como responsável pelo acompanhamento e melhoria das medidas implementadas.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação contém 8 capítulos

1. Introdução.
2. TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas.
3. Fundamentos e Técnicas da metodologia *Lean*.
4. Caracterização da Empresa.
5. Identificação e Análise de Problemas.
6. Propostas de melhoria.
7. Discussão de resultados.
8. Conclusões.

A parte final inclui ainda os Anexos.

No **Capítulo 1, Introdução**, apresenta-se o enquadramento, os objetivos, a metodologia de estudo bem como a organização da dissertação.

No **Capítulo 2, TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas**, introduz-se a metodologia abordando um pouco a sua origem, os seus conceitos e características para além das ferramentas e técnicas.

No **Capítulo 3, Fundamentos e técnicas da filosofia *Lean***, é feita uma breve introdução à origem e pilares conceptuais do *Lean*, apresentando-se também os tipos de desperdícios bem como os seus

benefícios e obstáculos segundo a mesma filosofia. Por fim, são apresentadas as principais ferramentas utilizadas para a dissertação.

O **Capítulo 4, Caracterização da empresa** refere-se à apresentação da empresa, relatando a sua história, visão, missão e valores bem como os seus produtos. Por fim, segue-se a caracterização da unidade onde foi realizada a dissertação, unidade de enchimento.

No **Capítulo 5, Identificação e análise de problemas**, é apresentado o caso de estudo onde são identificados os principais problemas e a sua análise.

No **Capítulo 6, Propostas de melhoria** são apresentadas as propostas de melhoria.

O **Capítulo 7, Discussão de resultados**, é feita a discussão dos resultados obtidos.

Para finalizar, o **Capítulo 8**, contém as **Conclusões**.

2. Metodologia do estudo

O estudo desenvolvido dividiu-se em 4 fases, a primeira fase consistiu na observação de todas as linhas ao longo do turno, durante a mesma, foram registadas todas as falhas ocorridas, bem como os seus tempos. Este registo era efetuado por todos os turnos e todas as linhas e de seguida inserida no sistema SAP. Deste modo, na segunda fase foram registadas as falhas no sistema SAP e feito a análise dos registos efetuados através do programa Analyzer, onde foram identificados os principais motivos de paragem e a sua duração. Após a identificação dos principais motivos de paragem passou-se para a fase seguinte, onde foram identificadas as causas que levaram às paragens e a procura de soluções. Por fim, é feita a apresentação das soluções.

Primeira fase: Observação diária da produção e registo de falhas, neste período foi efetuado o acompanhamento das diversas linhas de enchimento e procedeu-se ao registo das paragens e respetivo tempo. Este processo foi realizado para as 6 linhas de enchimento durante sensivelmente 3 semanas. durante o processo foi observado todo o tipo de operações como troca de formato, troca de produto, limpezas. No quadro abaixo está representado um exemplo do registo de paragens ocorridos durante um período do turno de enchimento.

Tabela 2.1 – Registo de paragens

Dia: 14-03-2016

Linha: 96 Linha PET

Hora da paragem **Hora de Inicio** **Motivo da paragem**
iniciou a produção às 09:05

09:11	09:21	Garrafa perdida na transferência
09:25	15:30	Pré forma presa no molde da sopradora, intervenção no molde 8 da sopradora
15:35	16:01	Garrafa perdida na transferência (molde 7 vai ser excluído)
16:10	16:16	Garrafa presa na estrela de saída do capsulador
16:22	16:38	Garrafa perdida na transferência
16:48	17:24	Paletizadora, display

Segunda fase: Tratamento de todos os dados registados para posterior identificação dos principais motivos de paragem. Todo o registo de paragens é realizado primeiro numa folha de final de turno, pelos operadores, e de seguida é inserido no sistema ERP SAP, sendo que, a partir deste sistema, utiliza-se um outro, o *Analyzer*, que faz a compilação de todos os registos presentes no SAP, tornando possível deter um registo por linhas de todos os principais tipos de paragem.

Linha 91 (Barril/Tanquetas).

Tabela 2.2 – Motivos de paragem L91

Motivo de paragem	% H.Paradas
Início de Produção	15,00 %
CIP	12,00 %
Eléctrica	5,00 %
Encravamentos	37,00 %

Linha 92 (Garrafas)

Tabela 2.3 – Motivos de paragem L92

Motivo de paragem	% H.Paradas
Encravamentos	21,15 %
Ajustes de Máquina	5,44 %
Mecânica	5,25 %
Eléctrica	4,80 %

Linha 93 (Latas)

Tabela 2.4 – Motivos de paragem L93

Motivo de paragem	% H.Paradas
Planificação	4,36 %
Mecânica	5,16 %
Ajustes de Máquina	7,03 %
Encravamentos	26,93 %

Linha 94 (Latas)

Tabela 2.5 – Motivos de paragem L94

Motivo de paragem	% H.Paradas
Encravamentos	22,50 %
Final de Produção	5,34 %
CIP	3,31 %
Início de produção	3,04 %

Linha 95 (Garrafa PET)

Tabela 2.6 – Motivos de paragem L95

Motivo de paragem	% H.Paradas
Início de produção	3,42 %
Final de Produção	3,98 %
Ajustes de Máquina	4,86 %
Encravamentos	23,84 %

O processo desta fase encontra-se na figura abaixo.



Figura 2.1 Segundo passo da metodologia de estudo

Terceira fase: Após identificadas as principais paragens por linha, foi feito um estudo das mesmas e identificadas soluções. Esse estudo passou sempre pela análise dos sistemas implementados através da ferramenta TRIZ, análise substância campo, ARIZ e a ferramenta *Lean 3S*, como irá ser descrito no capítulo 6.

O método de análise mais utilizado foi a análise substância campo. Primeiro identifica-se o sistema em análise, por exemplo, a substância S2 será o operador, a substância S1 a máquina embaladora Baumer e, por fim, o campo F a operação de troca de formato. O passo seguinte é a criação gráfica do sistema (Figura 2.2) e identificação do problema, neste exemplo seria, sistema completo insuficiente ou ineficiente.

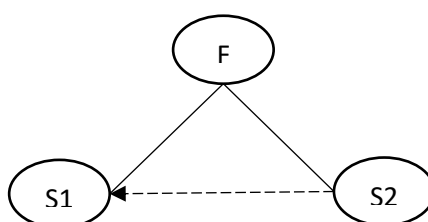


Figura 2.2 – Sistema Su-Field

De seguida identifica-se a solução, assim, para este sistema, a solução mais apropriada seria a solução geral 3, ou seja, adicionar uma nova substância, para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (figura 2.3).

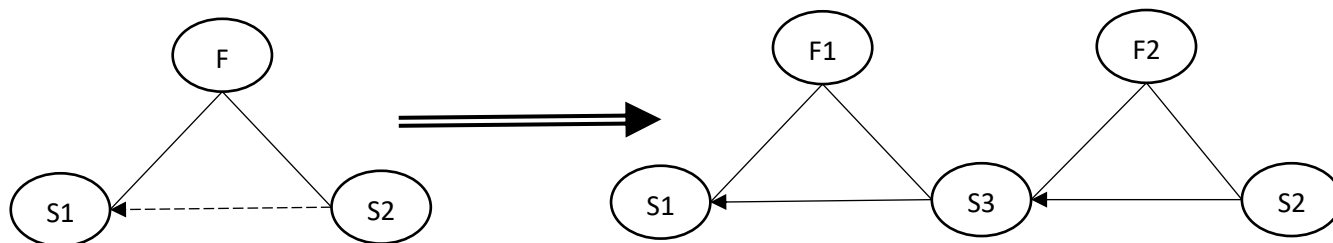


Figura 2.3 – Solução geral 3 adição de uma nova substância

Desta forma, a adição de uma nova substância, seria a criação de uma instrução de trabalho em que fosse explicada toda a operação de troca de formato de uma forma simples e compreensível por todos os operadores.

Uma das principais causas de paragem eram os ajustes de máquinas, devido à incorreta troca de formato, pelo que, foi aplicado a ferramenta Análise Substância Campo a todas as trocas.

Quarta fase: Após a análise, foram elaboradas as soluções, que passaram por instruções de trabalho solucionando a sua falta, ajudando na redução de tempo das trocas de formato, bem como inícios e fins de produção. Foram também apresentadas algumas metodologias *Lean* como solução.

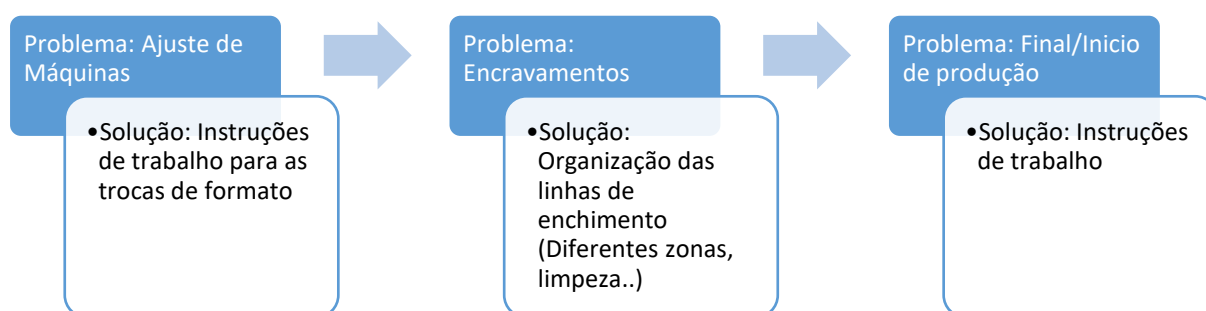
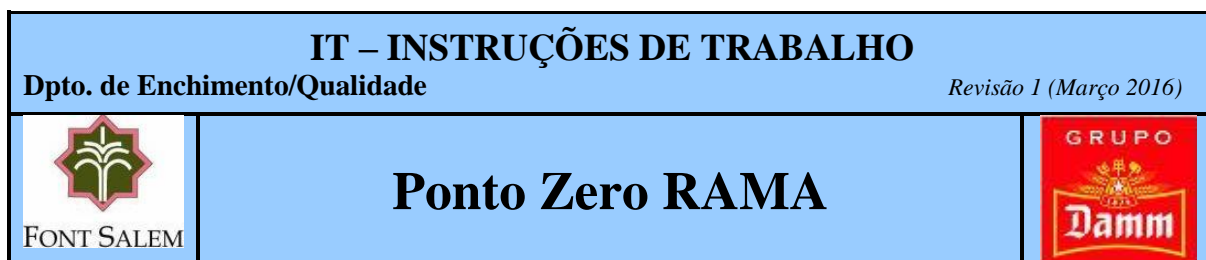


Figura 2.4 – Principais problemas e as suas soluções

A criação de instruções de trabalho, ocorreu da seguinte forma:

- Definição do título da instrução
- Identificação da data e número de revisão
- Identificação do objetivo da Instrução
- Identificação do Equipamento
- Identificação de todo o procedimento de trabalho de forma simples e com o uso de imagens



Recorde-se que deve respeitar sempre a sua Segurança e as normas de Segurança alimentar estabelecidas na Empresa.

OBJECTIVO

Determinar o ponto zero na RAMA

EQUIPAMENTOS

Rama

PROCEDIMENTO

- 1) **Parar o funcionamento da máquina**
- 2) **Colocar o motor em modo manual**
- 3) **Alinhar a seta vermelha com uma ponta da estrela**

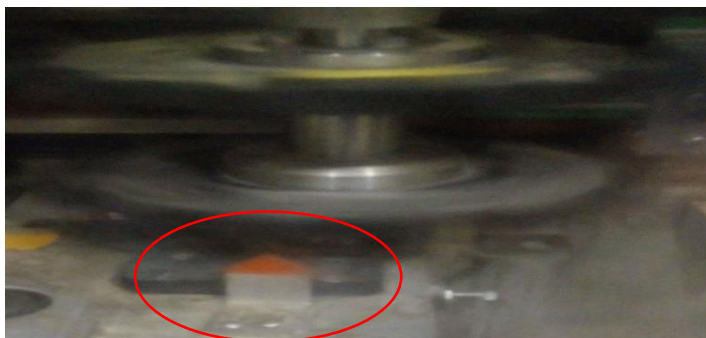


Figura 2.5 Ponto Zero - RAMA

3. Metodologia TRIZ

Neste capítulo introduz-se a metodologia TRIZ, abordando um pouco a sua origem, os seus conceitos e características para além das ferramentas e técnicas.

Cada vez mais a competitividade no mercado é maior, sendo que, com a crescente globalização e inovação, esta continuará a progredir, fazendo com que as empresas menos inovadoras fiquem para trás. A inovação é essencial no mercado atual, deste modo, as empresas não se podem apenas focar na inovação dos produtos em si, devem ter em conta, todos os processos e método existentes e utilizados pela organização. Ser inovador na criação de produtos pode permitir a entrada em novos mercados, ser inovador nos métodos e processos pode levar a redução dos custos. Deste modo, deve haver o cuidado de inovar em todas as áreas funcionais da organização.

A Teoria de Resolução Inventiva de Problemas mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ - *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (Rantanen & Domb, 2008), é uma ferramenta de inovação utilizada nas resoluções de problemas onde a aplicação das boas práticas de engenharia ou gestão não é suficiente, servindo também para a ativação da criatividade na resolução de problemas.

O TRIZ tem os problemas técnicos e de engenharia como as suas tradicionais áreas de aplicação. No entanto, cada vez mais se utiliza a áreas problemáticas como gestão, relações públicas e investimento (Savransky, 2000). A metodologia tem uma vantagem considerável em relação a outros métodos aplicados para resolução de *Brainstorming*, análise morfológica, etc, que não apontam claramente a formas de resolver problemas, ou destacar as soluções certas (Savransky, 2000). Estes geralmente têm a capacidade de identificar ou descobrir o problema e sua causa raiz, mas falta a capacidade de realmente resolver esses problemas.

Com a crescente competitividade e inovação das empresas, é notório o crescimento da TRIZ nestes últimos anos, encontrando-se cada vez mais aplicações em grandes empresas.

3.1 Origem da metodologia TRIZ

TRIZ é a abreviatura russa do que pode ser traduzido como "a teoria da resolução inventiva de problemas". A metodologia foi desenvolvida por Genrich Saulovich Altshuller (1926-1998), que estava interessado em basear a criatividade na ciência. Altshuller, ao trabalhar na área das patentes na marinha, na casa dos 20 anos de idade, começou a formar a ideia de uma metodologia para as invenções. Ao analisar patentes na sua atividade profissional, começou a reconhecer um padrão na forma como os problemas eram resolvidos. Desta forma, partiu para a análise de um elevado número de patentes com o objetivo de extrair o seu padrão de resolução de problemas, para que as pessoas conseguissem resolver problemas de forma criativa (Savransky, 2000). Devido às tensões políticas entre Altshuller (mais tarde

seus estudantes) e as autoridades comunistas, o desenvolvimento de TRIZ foi impedido e por vezes obstruído. Após a *perestroika* de Gorbachev, os problemas económicos retardaram o desenvolvimento e a pesquisa de TRIZ. No entanto, devido ao entusiasmo de Altshuller e de seus colegas, TRIZ tornou-se uma metodologia extremamente poderosa para a criatividade nos campos de engenharia.

A TRIZ era desconhecida fora da URSS até a década de 1990, no entanto, a sua popularidade nos Estados Unidos, Japão e Europa Ocidental teve um rápido crescimento. Muitas das empresas inovadoras citaram um aumento na produtividade, e estas acreditam na metodologia para as ideias inovadoras e soluções de qualidade para problemas de engenharia. Muitos engenheiros da ex-União Soviética estudaram e aplicaram com sucesso TRIZ. Eles não só registaram milhares de patentes para as invenções resultantes, como também se tornaram um laboratório de pesquisa e desenvolvimento TRIZ não-oficial e virtual. Infelizmente, a maioria desses resultados não oficiais de pesquisa não foram publicados, ao invés, os trabalhos de pesquisa têm circulado normalmente como manuscritos digitados ou manuscritos entre os interessados. O TRIZ é único porque, usando o número relativamente pequeno de conceitos e heurísticas de fácil compreensão (apoiados por bases de dados de conhecimento efetivas), torna-se possível a resolução de problemas de qualquer uma das classes. Ao longo dos últimos 50 anos, tornou-se num conjunto de ferramentas que permitem criar/inventar e resolver problemas técnicos com diferentes níveis de complexidade. Hoje, é possível identificar variadas ferramentas básicas da TRIZ, bem como outros métodos ou técnicas que se conjugam entre si para criar a inovação sistemática, como, por exemplo, o *Lean* em simultâneo com a TRIZ (Krasnoslobodtsev, 2012).

3.2 Introdução a TRIZ

TRIZ é uma sigla russa (*Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch*), que significa, literalmente, “Teoria da Resolução Criativa de Problemas”. Esta sigla nasceu nos anos setenta e foi criada por Genrich Altshuller, na Rússia.

É uma ciência internacional de criatividade que se baseia no estudo dos padrões de problemas e soluções, e não na criatividade espontânea e intuitiva de indivíduos ou grupos.

Em resultado da análise de todos os processos evolutivos, Altshuller identificou cinco níveis distintos de inovação, em função das características inventivas (Navas, 2014a):

Nível 1: Representa soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade. O nível 1 é o menos inovador e constitui cerca de 30% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller.

Nível 2: Representa pequenas correções em sistemas existentes, recorrendo a métodos conhecidos na indústria. Este nível constitui aproximadamente 45% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller.

Nível 3: Representa melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo de atividade. Cerca de 20% do total das soluções enquadram-se neste nível. É neste que aparecem soluções criativas.

Nível 4: Representa soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Os problemas são solucionados através da substituição da tecnologia original por uma nova. Cerca de 4% do total dos processos evolutivos podem ser classificadas como pertencentes a este nível.

Nível 5: Representa soluções inovadoras baseadas em novas descobertas científicas. Este nível constitui menos de 1% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller e é o que representa uma solução realmente inovadora.

Estes níveis têm como função identificar e caracterizar os tipos de soluções encontrados. Esta classificação baseia-se em estudos empíricos e é muito relevante para se compreender a natureza da criatividade técnica.

3.3 Características e conceitos da TRIZ

3.3.1 Características da TRIZ

Segundo Semyon D. Savransky (2000), a TRIZ pode ser definida como sendo uma metodologia sistemática, orientada ao ser humano e baseada em conhecimentos, para a resolução de problemas inventivos, podendo esta definição ser explicada em quatro partes:

Conhecimento – TRIZ é baseada em conhecimentos:

- As suas heurísticas de resolução de problemas foram baseadas num número significativo de patentes analisadas em vários campos da engenharia;
- Faz uso dos conhecimentos das ciências da natureza e da engenharia;
- Utiliza conhecimentos referentes ao sistema, processos e técnicas para solucionar problemas específicos.

Orientada ao ser humano – As heurísticas da TRIZ foram concebidas para uso humano e não computacional, sendo eficaz na resolução de problemas conceituais em que o cérebro humano é mais adequado e fundamenta-se no uso de *guidelines*.

Sistemática – TRIZ é uma metodologia sistemática:

- Contém métodos estruturados para orientar a resolução de problemas;
- Considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

Solução inventiva de problemas – O propósito da metodologia TRIZ é trazer mais criatividade quanto à resolução de problemas.

3.3.2 Conceitos fundamentais

A contradição, os recursos, os padrões de evolução e a idealidade são os principais conceitos do TRIZ. Portanto, verifica-se que em qualquer processo de resolução deve ser aplicado um destes conceitos referidos (de Carvalho, 2007; Ilevbare & Probert, 2013).

➤ **Contradição**

Uma contradição ocorre quando se pretende melhorar uma característica ou parâmetro de um determinado sistema e esta vai afetar negativamente uma outra característica ou parâmetro. No entanto, segundo Altshuller, a resolução das contradições vai, por sua vez, resolver os problemas em questão.

A metodologia TRIZ distingue dois grandes tipos de contradições (Navas, 2013b):

- A contradição técnica, que ocorre sempre que se pretende melhorar determinadas propriedades ou funções de um sistema, que por sua vez prejudica outros atributos do mesmo sistema. Como por exemplo, sempre que se pretende aumentar a aceleração de um veículo é necessário um motor maior, no entanto, isso vai aumentar o custo do mesmo (efeito negativo).
- A contradição física, que ocorre quando duas propriedades são exigidas pelo mesmo sistema técnico, como por exemplo, caso se pretenda fundir um determinado composto, quanto mais elevada for a temperatura, mais rapidamente se consegue a fusão, no entanto, é necessária uma temperatura mais reduzida, para se obter uma mistura homogénea do composto.

➤ **Recursos**

Um dos aspetos fundamentais da TRIZ é reconhecer e mobilizar os recursos necessários. Estes recursos podem ser incluídos em qualquer parte do sistema. O ambiente onde se encontra o sistema permite saber os recursos necessários.

A TRIZ considera importante seguir uma abordagem sistemática na procura de recursos. A pesquisa de recursos tem como foco a compreensão dos requisitos de funções da solução que se procura (Gadd, 2011).

Os recursos podem ser agrupados da seguinte forma (Savranski, 2000):

- Os recursos naturais ou ambientais;
- Os recursos do sistema;
- Recursos funcionais;
- Recursos de substâncias;
- Recursos energéticos / campo;
- Recursos temporais;
- Recursos espaciais;
- Os recursos de informação.

Segundo Savransky (2000) para aumentar idealidade (através da redução dos custos de produção de recursos e redução de danos), os recursos devem ser ordenados preferencialmente da seguinte forma:

- i. Recursos " nocivos" - identificar as funções nocivas ou objetos dos quais podem ser extraídos benefícios;
- ii. Recursos prontamente disponíveis - identificar recursos livres disponíveis, que podem ser utilizados no seu estado atual;
- iii. Recursos provenientes - identificar os recursos que podem ser obtidos por meio da transformação de recursos livremente disponíveis, que não são úteis nos estados existentes;
- iv. Recursos diferenciais - recursos de identidades deriváveis, onde existe diferenças na estrutura ou nas propriedades das substâncias ou campos disponíveis;

➤ **Padrões de Evolução**

Durante o estudo das patentes, Genrich Altshuller observou que os sistemas e processos técnicos têm algumas semelhanças no seu desenvolvimento. Altshuller identificou estas semelhanças, classificando-as em oito categorias que chamou de Padrões de Evolução.

Os Padrões de Evolução podem ser utilizados para resolver problemas complexos, prever a evolução dos sistemas e criar ou melhorar as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos. Existem oito Padrões de Evolução, que são os seguintes (Altshuller, 2002):

1. Ciclo de vida – Refere-se à evolução de um sistema técnico ao longo do tempo;

2. Dinamização – Refere-se à transformação de um sistema técnico rígido em flexível;
3. Ciclo de Multiplicação – Refere-se à adição de elementos num sistema técnico;
4. Transição de nível macro a micro – Refere-se à transformação de tamanho de um sistema técnico de maior para menor. Exemplo: Com a evolução no tempo, os dispositivos de armazenamento de memória têm cada vez maior capacidade de armazenamento mas com tamanhos cada vez mais reduzidos;
5. Sincronização – Refere-se à sincronização de vários sistemas técnicos ou de parâmetros;
6. Aumento ou diminuição da escala – Refere-se ao aumento ou diminuição de escala de objetos ou fenómenos;
7. Desenvolvimento de elementos;
8. Diminuição da intervenção humana (Automatização) – Refere-se ao desenvolvimento de sistemas técnicos capazes de atuarem por si, libertando as pessoas para efetuarem trabalho intelectual.

➤ **Idealidade**

O conceito de “Idealidade” é um dos princípios fundamentais da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas. A idealidade é o objetivo que move as organizações a melhorarem todos os sistemas técnicos e organizacionais, tornando-os mais rápidos, melhores e com custos inferiores. À medida que se aumenta o número de funções benéficas e/ou se reduzem as funções nocivas, os sistemas aproximam-se cada vez mais da idealidade (Altshuller, 2007). O nível de criatividade de um sistema técnico ou organizacional pode ser quantificado através do grau de idealidade. Assim, a idealidade pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$Idealidade = \frac{\Sigma Funções\ benéficas}{\Sigma (Funções\ nocivas + custos)}$$

As funções benéficas incluem as seguintes:

- Funções úteis principais – o propósito para o qual o sistema foi projetado;
- Funções secundárias – outras realizações úteis;
- Funções auxiliares – funções que apoiam as principais funções úteis, tais como funções corretivas, funções de controlo, funções de alojamento, funções de transporte, etc.

As funções nocivas incluem todos os fatores prejudiciais associados ao sistema (por exemplo, área ocupada, emissão de ruídos, gastos de energia, recursos necessários para a manutenção do sistema, etc.). Os custos também são considerados uma função nociva. Existem várias formas de aumentar a idealidade de um sistema técnico ou organizacional:

- Aumento do número de funções benéficas;
- Eliminação/redução do número de funções prejudiciais;
- Redução de custos

Existem vários conceitos derivados do mesmo conceito de idealidade, tais como: “Resultado Final Ideal”, “Meta Final Ideal”, “Solução Ideal”, “Processo Ideal”, etc. Uma solução é considerada como um Resultado Final Ideal (RFI) se for verificada a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma prejudicial, esta não pode ser acompanhada pela degradação de outras características ou pelo aparecimento de novas características prejudiciais.

De acordo com a TRIZ, o “Sistema Ideal” é um sistema que não existe fisicamente (pois não consome recursos e não tem custos) mas que executa as suas funções na perfeição. É praticamente impossível conceber um sistema ideal. O sistema ideal é um conceito teórico, ou filosófico, que serve de incentivo e de um guia para a resolução de problemas, podendo ser útil também na avaliação e na comparação de soluções possíveis entre si e/ou com um ideal proposto. Para aproximar um sistema real do sistema ideal têm que se resolver contradições, utilizando menos recursos, minimizando e simplificando todo o sistema, sem acrescentar mais funções nocivas. É uma abordagem eficaz que ajuda a obter uma melhor funcionalidade com um sistema mais simples.

A idealidade pode ser utilizada de modo a melhorar os sistemas existentes, mas pode também ser aproveitada para a criação de novas tecnologias ou novos sistemas com o objetivo de cumprir funções específicas. A lei da idealidade afirma que durante a evolução de qualquer sistema (técnico ou organizacional), este tende a reduzir custos, reduzir desperdícios de energia, e a reduzir o espaço e as dimensões. Deste modo, torna-se mais eficiente, mais confiável, mais simples e com maior capacidade de atender às necessidades dos utilizadores, isto é, aumenta o grau de idealidade do sistema. O conceito do aumento crescente do grau de idealidade é crucial para a previsão da evolução de sistemas (Altshuller, 2007).

3.4 Ferramentas e técnicas

A metodologia TRIZ tem várias ferramentas, sendo as mais divulgadas, os Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições, o *ARIZ* – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas e *SuField* – Análise Substância-Campo.

Ao longo dos últimos anos a maioria das ferramentas que constituem a TRIZ têm sido alvo de adaptações e melhorias. O *ARIZ*, por exemplo, tem neste momento inúmeras versões, sendo que a mais recente é constituída por cem passos. No entanto, a versão do *ARIZ* não é a mais utilizada, pois é constituída por oitenta e cinco passos (Navas, 2013b).

Serão descritas apenas as metodologias com maior divulgação do *ARIZ*, a Análise Substância-Campo, as 76 Soluções Padrão e a Matriz de Contradições. Sendo que a técnica da análise substância campo foi a utilizada.

➤ *ARIZ*

O algoritmo de resolução dos problemas de invenção (*ARIZ*) é uma ferramenta analítica importante para encontrar a solução de problemas, dando uma grande importância na reformulação dos problemas com o objetivo de identificar as contradições e de definir o resultado final ideal.

Os passos mais importantes desta ferramenta resumem-se da seguinte forma como mostra a Figura 2.1.

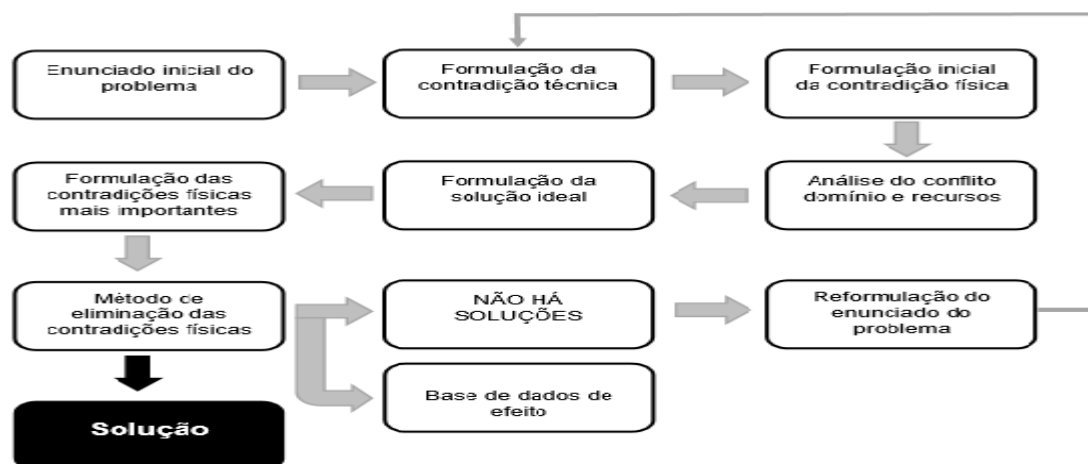


Figura 3.1 *ARIZ* – Passos mais importantes (Navas, 2013b)

A versão do *ARIZ* apresentada na figura apenas contém os passos mais importantes. Atualmente, a versão mais utilizada do algoritmo é a versão *ARIZ-85c* que contém 85 etapas, sendo que a versão mais recente tem cerca de 100 etapas diferentes.

No algoritmo *ARIZ* começa-se pela análise do enunciado do problema, posteriormente formulam-se as contradições técnicas, e procura-se, na tabela de contradições, quais os princípios inventivos a utilizar,

procede-se então à análise de conflitos. É recomendável a construção de modelos gráficos por forma a facilitar a identificação do problema/conflito.

O passo seguinte é a formulação do problema em termos do Resultado Final Ideal (RFI), sendo considerada uma solução RFI, quando existe a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma característica prejudicial, sem degradar as outras ou sem criar novas que também sejam prejudiciais.

O RFI é em seguida transformado em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se em três princípios (Navas, 2013b):

- Separação temporal das propriedades antagónicas;
- Separação espacial das propriedades antagónicas;
- Separação das propriedades antagónicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

Se o problema não for resolvido, este deve ser reformulado e o processo é repetido (Navas, 2013a).

➤ **Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições**

A matriz de contradições é, de todas as ferramentas, a mais utilizada desta metodologia, sendo constituída por 39 parâmetros de engenharia (tabela 3.1) e 40 princípios inventivos (tabela 3.2) (Navas, 2013b).

Tabela 3.1 - Parâmetros de engenharia (Navas 2013b)

1. Peso do objeto em movimento	21. Potência
2. Peso do objeto parado	22. Perda de energia
3. Comprimento do objeto em movimento	23. Perda de substância
4. Comprimento do objeto parado	24. Perda de informação
5. Área do objeto em movimento	25. Perda de tempo
6. Área do objeto parado	26. Quantidade de substância
7. Volume do objeto em movimento	27. Confiabilidade
8. Volume do objeto parado	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabricação
10. Força	30. Fatores externos indesejados atuando no objeto
11. Tensão ou pressão	31. Fatores indesejados causados pelo objeto
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade da composição	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Manutenibilidade
15. Duração da ação do objeto em movimento	35. Adaptabilidade
16. Duração da ação do objeto parado	36. Complexidade do objeto
17. Temperatura	37. Complexidade de controle
18. Brilho	38. Nível de automação
19. Energia gasta pelo objeto em movimento	39. Capacidade ou produtividade
20. Energia gasta pelo objeto parado	

Para solucionar as contradições dos parâmetros técnicos, utilizam-se os 40 princípios inventivos (Tabela 3.2)

Tabela 3.2 - Princípios inventivos (Navas 2013b)

1. Segmentação ou fragmentação	21. Aceleração
2. Remoção ou extração	22. Transformação de prejuízo em lucro
3. Qualidade localizada	23. Retroalimentação
4. Assimetria	24. Mediação
5. Consolidação	25. Autosserviço
6. Universalização	26. Cópia
7. Aninhamento	27. Uso e descarte
8. Contrapeso	28. Substituição de meios mecânicos
9. Compensação prévia	29. Construção pneumática ou hidráulica
10. Ação prévia	30. Uso de filmes finos e membranas flexíveis
11. Amortecimento prévio	31. Uso de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneização
14. Recurvação	34. Descarte e regeneração
15. Dinamização	35. Mudança de parâmetros e propriedades
16. Ação parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibração mecânica	38. Uso de oxidantes fortes
19. Ação periódica	39. Uso de atmosferas inertes
20. Continuidade da ação útil	40. Uso de materiais compostos

Para facilitar a utilização dos 40 princípios Altshuller desenvolveu a Matriz de Contradições que é construída através de seguintes passos (Navas, 2013b):

- Identificar o parâmetro de engenharia a ser melhorado (linhas);
- Identificar a contradição, ao melhorar o parâmetro de engenharia escolhido (colunas);
- Cruzar as linhas com as colunas, para saber os princípios inventivos correspondentes.

➤ **Análise Substância-Campo**

A Análise Substância – Campo (ASC), do inglês *SuField Analysis*, é uma ferramenta analítica da TRIZ útil na identificação de problemas num sistema técnico e na procura de soluções inovadoras para os problemas identificados. Permite modelar um sistema através de uma abordagem gráfica simples, identificar problemas e oferecer soluções padronizadas para a melhoria do sistema em estudo (Navas, 2014b).

Para a aplicação desta ferramenta é necessário passar pelas etapas de construção dos modelos funcionais, que são as seguintes (Altshuller, 1999):

- Construção do diagrama de Substância-Campo;
- Identificação da situação problemática;
- Escolha de uma das opções genéricas (soluções gerais);
- Desenvolvimento de uma solução específica para o problema;
- Recolha da informação disponível.

Para definir um sistema técnico na *SuField*, são necessários e suficientes duas substâncias e um campo (Figura 2.2).

Da figura 2.2, as substâncias S1 e S2 envolvidas na interação podem ser (Allshuler, 1999):

- Material;
- Ferramenta;
- Componente;
- Pessoa;
- Ambiente.

O campo C que atua sobre as substâncias pode ser (Allshuler, 1999):

- Mecânico;
- Térmico;
- Químico;
- Elétrico;
- Magnético.

A representação “Substância - Campo” ajuda a centrar o estudo nos elementos mais importantes do sistema e a identificar o problema como pertencente a um determinado grupo. (Navas, 2013b).

Podem ocorrer as seguintes situações que são descritas na tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Situações problemáticas (Navas, 2013b)

Situação	Exemplo
Situação 1: O efeito desejado não ocorre	Não há arrefecimento num veio sobreaquecido de um redutor.
Situação 2: Ocorre um efeito prejudicial	Os veios do redutor estão sujeitos a um sobreaquecimento imprevisto.
Situação 3: Efeito desejado insuficiente (ineficiente)	O arrefecimento dos veios do redutor é pouco eficaz; é necessário melhorar o arrefecimento.

Na construção de modelos gráficos correspondentes às três situações descritas no quadro, utilizam-se os seguintes símbolos (Tabela 3.4):

Tabela 3.4 - Simbologia Usada em Modelos Gráficos “Substância - Campo” (Navas, 2013b)

Símbolo	Significado
→	Acção ou efeito desejado
-----→	Acção ou efeito desejado insuficiente (ineficiente)
~~~▶	Acção ou efeito prejudicial
⇒	Operador da solução

Uma substância age sobre outra, criando benefícios ou danos. A função é modelada em forma de triângulos, na qual, os problemas são representados através de diferentes tipos de linhas ou linhas inexistentes, representando exatamente o que é correto e o que é errado.

Uma vez concluída a construção do diagrama, ou seja, identificado o problema, a solução padrão pode ser encontrada e aplicada para corrigir problemas, alterando, retirando ou adicionando substâncias ou campos (Navas, 2013b).

### ➤ Situações problemáticas e soluções genéricas

Situação Problemática 1: O efeito desejado não ocorre (Modelo SC incompleto).

Um Modelo SC incompleto representa a situação em que faltam elementos do triângulo (Figuras 3.2):



Figura 3.2 – Modelo substância campo incompleto (Navas, 2013b)

A solução genérica pode ser a seguinte:

Adicionar o elemento em falta (“campo” C) ou elementos (“campo” C e a ferramenta, “substância” S2) (Figura 3.3):



Figura 3.3 – Solução padrão 1 (Navas, 2013b)

Situação Problemática 2: Ocorre um efeito prejudicial (Modelo SC Prejudicial).

Um Modelo SC prejudicial representa a situação em que todos os três elementos se encontram nos respectivos lugares, no entanto a interação entre as “substâncias” S1 e S2 é prejudicial ou indesejada. Consequentemente, o “campo” C também é prejudicial (Figura 3.4).

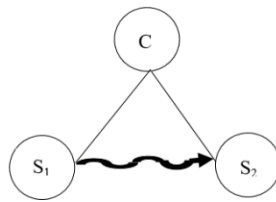


Figura 3.4 – Modelo substância campo prejudicial (Navas, 2013b)

Para a resolução da Situação Problemática 2, a TRIZ recomenda as seguintes soluções genéricas:

Solução - Padrão 2;

Solução - Padrão 3

Solução - Padrão 2: Inserir uma “substância” (S3), que deve ser uma versão modificada de S1, de S2 ou de ambas. A “substância” S3 bloqueia o efeito prejudicial (Figura 3.5).

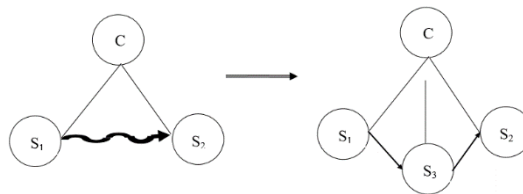


Figura 3.5 – Solução padrão 2 (Navas, 2013b)

Solução - Padrão 3: Adicionar um outro “campo” (C2) para neutralizar o efeito prejudicial do “campo” inicial (C1) (Figura 3.6).

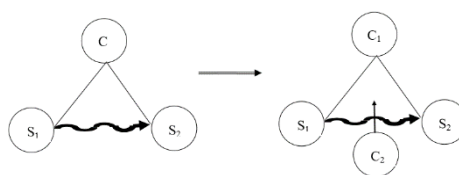


Figura 3.6 – Solução padrão 3 (Navas, 2013b)

Situação Problemática 3: Efeito desejado insuficiente (ineficiente) (Modelo SC Insuficiente).

Um Modelo SC insuficiente representa a situação em que todos os três elementos se encontram nos respectivos lugares, porém o “campo” C não é suficiente (por exemplo, é demasiado fraco, demasiado lento, etc.) (Figura 3.7),

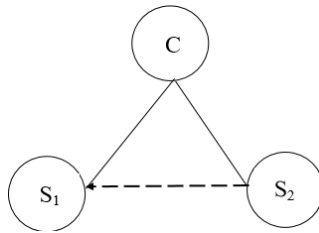


Figura 3.7 – Modelo substância campo insuficiente (Navas, 2013b)

Para a resolução da Situação Problemática 3, a TRIZ recomenda as seguintes soluções genéricas:

Solução - Padrão 4;

Solução - Padrão 5;

Solução - Padrão 6.

Solução - Padrão 4: Substituir o “campo” C1 (ou o “campo” C1 e a “substância” S2) por um outro “campo” (C2) (ou por um outro conjunto C2 e S3) (Figura 3.8).

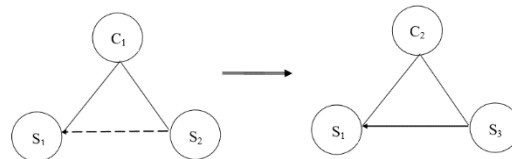


Figura 3.8 – Solução padrão 4 (Navas, 2013b)

Solução - Padrão 5: Acrescentar um outro “campo” (C2) para reforçar o efeito desejado (Figura 3.9).

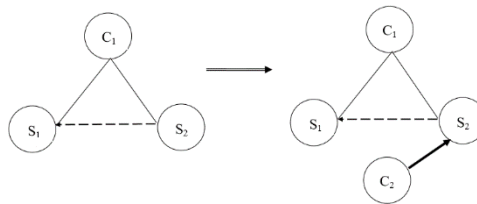


Figura 3.9 – solução padrão 5 (Navas, 2013b)

Solução - Padrão 6: Inserir uma “substância” (S3) e acrescentar um outro “campo” (C2) para aumentar o efeito desejado (Figura 3.10).



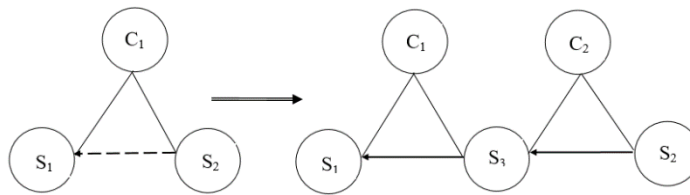


Figura 3.10 – Solução padrão 6 (Navas, 2013b)

A análise substância campo e ARIZ foram as duas ferramentas usadas da metodologia TRIZ para a realização deste trabalho. A ferramenta ARIZ é de muito simples utilização, permitindo chegar facilmente a uma solução partindo do nosso problema, identificando as contradições que existem. A análise substância campo, foi a técnica utilizada para solucionar a maior parte dos problemas, por estes serem devido a operações específicas. A utilização desta ferramenta, análise substância campo, revelou-se extremamente útil, pois permitiu modelar um sistema através de uma abordagem gráfica simples, identificando o problema e oferecendo uma solução padronizada.



## 4. Fundamentos e técnicas da filosofia *Lean*

Neste capítulo é feita uma breve introdução à origem e pilares conceptuais do *Lean*. Apresenta-se também os tipos de desperdícios segundo a mesma filosofia, bem como os seus benefícios e obstáculos. Por fim, são apresentadas as principais ferramentas utilizadas para a dissertação.

Esta filosofia é parte integrante de um modelo de melhoria de modelos de negócio, a par da filosofia Seis Sigma (Pamfilie et al., 2012). Ambas as filosofias se complementam, com o intuito de melhorar os processos e resultados das organizações (Tenera & Pinto, 2014). O termo *Lean* ou *Lean Thinking* é uma filosofia com o intuito de eliminar os desperdícios e simplificar os processos (Stojkic et al., 2014) das organizações, a partir da sua base de melhoria contínua (Wahab et al., 2013).

### 4.1 Origem e pilares conceptuais do *Lean*

O paradigma *Lean* teve a sua origem na empresa Toyota, nos finais da Segunda Guerra Mundial. A produção *Lean* evoluiu para um paradigma de pensamento, o pensamento *Lean*, cujo objetivo se centra na procura contínua da eliminação de todos os desperdícios, ambicionando a melhoria contínua de uma organização. Assim, atualmente, o conceito *Lean* é aplicável em todos os elos de uma cadeia de abastecimento e também noutras áreas, como por exemplo nos serviços. Uma parte substancial da gestão *Lean* passa por implementar uma resolução sistemática de problemas nas atividades diárias de uma organização. O pensamento *Lean* é uma forma evoluída de gestão de uma empresa com o intuito de aumentar a produtividade, eficiência e qualidade. O ponto-chave do *Lean* passa pela ambição de que nenhuma atividade deverá ser realizada a não ser que crie valor para o cliente. Todo o sistema produtivo, quer se trate de uma produção ou de fornecer um serviço, é suscetível de produzir desperdício e não afetar valor ao cliente (Domingues, 2013).

O *Lean* assenta em 5 princípios (Womack et al, 2003):

- 1) Valor – Especificação, de forma precisa, do valor de um determinado produto que o cliente realmente deseja, isto é, devem ser identificadas as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes – requisitos de qualidade, quantidade, tempo e serviço.
- 2) Cadeia de Valor – Identificação e análise do fluxo de valor para cada produto. A sequência de atividades e processos envolvidos na cadeia de valor deve ser analisada e definida. Consequentemente deve-se identificar as atividades que não acrescentam valor ao produto.

3) Fluxo – Estabelecimento de um fluxo contínuo de valor. Após estar identificada a cadeia de valor e os seus desperdícios, a organização deve criar um fluxo contínuo, o qual é caracterizado pela capacidade de produzir somente que é necessário para o momento.

4) Pull – Deixar que o cliente “puxe” o produto, através da implementação do sistema Pull. Este sistema de produção procura deixar o cliente liderar os processos, ou seja, permite produzir somente quando é efetuado o pedido pelo cliente. Sendo esta a única forma de produzir apenas o necessário e quando necessário, pois apenas é produzido o que o cliente realmente deseja.

5) Perfeição – Procura pela perfeição. Após a aplicação e sustentação dos princípios referidos anteriormente, a organização deve procurar constantemente a inovação e melhoria contínua, e consequentemente, a perfeição nos processos de eliminação dos desperdícios e na criação de valor. Desta forma só as atividades que acrescentam valor devem estar presentes nos processos.

Tendo em conta os princípios referidos, o principal objetivo do paradigma da gestão *Lean* é o aumento da criação de valor através da redução do desperdício, ou seja, criar mais valor com menos recursos. Uma organização *Lean* compreende o que constitui valor para o cliente, sendo que, a partir dessa definição, foca-se nos processos chave para aumentá-lo. O objetivo final será a criação de um processo perfeito de criação de valor para o cliente, procurando continuamente a melhoria do mesmo (Domingues, 2013).

#### Pilares do *Lean*

A ideia que está subjacente ao TPS passa pela manutenção de um fluxo contínuo de produtos em linha, que facilmente se possa adaptar a alterações da procura. Deste modo, este sistema de produção assenta fundamentalmente em 2 pilares, representados pelo *Just-in-Time* (JIT) e pelo *Jidoka*, como pode ser observado na figura 4.1, tendo ainda como base as pessoas, a estabilidade e propósito dos processos, estando sustentada por esta estrutura uma melhor qualidade, um custo reduzido e um menor tempo de entrega.

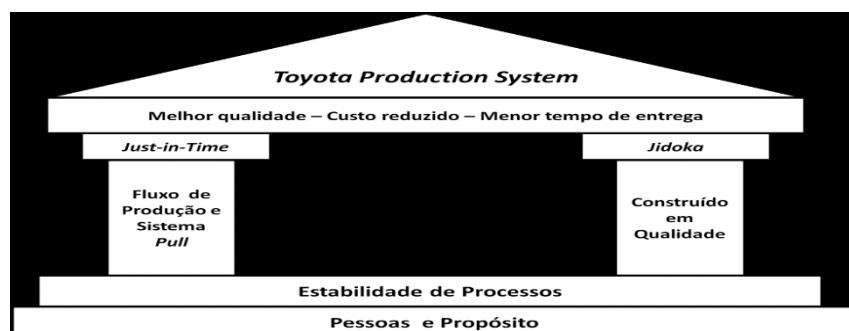


Figura 4.1 - *Toyota Production System* (Linker, 2004)

## 4.2 Tipos de desperdícios segundo o *Lean*

O desperdício, que em japonês significa Muda, representa toda e qualquer atividade que consome recursos (materiais, humanos e financeiros) e que não acrescenta valor ao produto (Ohno, 1988). Após anos de melhoria das atividades industriais foi possível identificar sete tipos de desperdícios (Suzaki, 1987):

- **Sobreprodução:** A Toyota concluiu que este é um dos piores desperdícios, no entanto um dos mais comuns existentes em fábricas. Este desperdício ocorre quando a produção é superior à procura de mercado. Como consequência de uma produção excessiva, verifica-se que tem um consumo de matérias-primas desnecessário, um *stock* elevado que requer mais meios de armazenamento, de transporte e consequentemente mão-de-obra para o controlar.
- **Tempo de espera:** Este é considerado um tipo de desperdício fácil de identificar. Ocorre quando os recursos humanos e os equipamentos não estão disponíveis quando são necessários, provocando perda de produtividade no sistema. Estes tempos de espera geralmente devem-se a avarias de equipamentos, a mudança de ferramentas, a falta de recursos humanos e de materiais, gargalos na produção e ineficiência.
- **Desperdício com transporte:** Este desperdício passa pelo manuseamento de produtos, uma atividade que não acrescenta valor, e onde existe movimentos de material desnecessário. Resulta de um mau planeamento de *layout* das organizações. Para eliminar este desperdício devem ser feitas melhorias no *layout*, nos métodos de transporte, na arrumação e na organização dos locais de trabalho.
- **Processamento incorreto ou sobre processamento:** Quando o próprio processo em si é uma fonte de problemas. Este desperdício tem como resultado a utilização de recursos desnecessários, e significa que existem processos que não geram valor. Este deve-se a trabalho mal-executado, a ordens de execução de trabalhos incorreta e a utilização de equipamento de forma inadequada que dá origem a perdas de produtividade.
- ***Stocks* (inventário):** Os *stocks* representam o acumular de materiais, componentes e produtos. O armazenar destes componentes requer manuseamento, espaço, pessoas, entre outros. Como referido anteriormente, a ligação entre o excesso de produção e o excesso de inventário aumenta o custo do produto. É importante frisar que os *stocks* tendem a esconder outros problemas nas

organizações. Com a redução dos *stocks* até a um determinado nível, é possível chegar à origem de determinados problemas, que até então não estavam visíveis.

- Movimentos desnecessários: Este é um desperdício que não acrescenta valor ao produto, e o fato de haver movimento de operadores, não implica necessariamente trabalho. Este desperdício é o resultado de *layouts* desapropriados e de falta de organização de trabalho entre outros.
- Defeitos: Um produto com defeito caracteriza-se por ser um produto que não está em conformidade. O defeito constitui um desperdício, pois implica que exista consumo de recursos humanos, materiais, tempo e desgaste de ferramentas desnecessários. Ao ocorrer um tipo de defeito num posto, subsequentemente, os próximos postos (estações) terão desperdícios de espera, acrescentando custo ao produto e lead time à produção. A pior consequência é quando os defeitos são detetados pelos clientes após a entrega. A detecção destes defeitos implica custos de garantia e entregas excepcionais, bem como possível perda de cota de mercado ficando em risco futuros negócios.

### **4.3 Benefícios do *Lean* e obstáculos á sua aplicação**

Os benefícios associados à implementação do pensamento *Lean* nas organizações são os seguintes (Pinto, 2009):

- Aumento contínuo da produtividade;
- Aumento da satisfação;
- Aumento da qualidade;
- Diminuição do lead time;
- Diminuição de áreas ocupadas;
- Redução dos custos operacionais;
- Redução dos tempos dos processos produtivos;
- Aumento do desempenho, participação e motivação dos operários;
- Melhorias na comunicação entre as partes interessadas;
- Redução de acidentes de trabalho;
- Aumento da eficiência dos equipamentos;
- Crescimento da empresa com retorno dos investimentos.

O principal obstáculo à implementação do *Lean* nas empresas é a componente humana, A principal causa deve-se à resistência que o ser humano tem à mudança. (Courtois et al, 2003).

## 4.4 Ferramentas do *Lean*

No presente subcapítulo serão apresentadas algumas das técnicas e ferramentas do *Lean*, nomeadamente os 5S, e a padronização do trabalho, que auxiliaram na identificação e resolução de problemas. As técnicas e ferramentas do *Lean* são importantes e têm por objetivo a eliminação de desperdícios (Ohno, 1988).

### ➤ Metodologia 5S

5S foi inventado no Japão, e é constituído pelos termos *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*.

- *Seiri* - Senso de seleção, separação e arrumação: Esta etapa consiste na identificação, diferenciação e separação dos objetos necessários dos não necessários, na produção e na zona de trabalho. Neste senso é efetuada uma triagem de objetos, tendo em conta a sua frequência de utilização e a sua importância. Com este processo pretendesse reduzir o espaço ocupado, os *stocks*, os custos e os acidentes de trabalho. Outro fator importante neste senso é oferecer um bom local de trabalho, através da modificação do *layout* e das condições de trabalho e executar as atividades produtivas no tempo previsto.
- *Seiton* - Senso de ordenação, sistematização e organização: Consiste na organização de zonas, definindo um local para cada objeto e colocação de cada objeto no seu lugar. Desta forma, possibilita ao operador uma forma rápida de encontrar objetos, quando estes forem necessários. Esta etapa tem como grande objetivo tornar as zonas de trabalho funcionais, que se encontrem devidamente identificáveis, através do controlo visual. Para alcançar estes objetivos devem ser utilizadas etiquetas que facilitam a identificação dos materiais, dos locais e das tarefas. Deste modo, pretende-se uma otimização dos espaços existentes, uma redução do tempo de procura de ferramentas, de documentos ou de materiais. Também procura gerar um ambiente de trabalho mais propício ao desenvolvimento do trabalho em causa, que contribua para a motivação e produtividade dos operários.
- *Seiso* - Senso de limpeza: Consiste em eliminar todo o tipo de fonte de sujidade que perturbe a estruturação de um ambiente limpo e que dê segurança ao desenvolvimento da atividade de trabalho. Para tal, devem ser definidas regras de limpeza, áreas a ser limpas, a forma e frequência de limpeza. Após este processo, cada operador fica responsabilizado pela sua zona de trabalho e pela consciência de o manter limpo. Com este senso procura-se reduzir perdas de matérias,

manter os equipamentos em bom estado, proporcionar um ambiente de trabalho que dê segurança aos seus colaboradores e que se reflita essa imagem para os clientes.

- *Seiketsu* - Senso de Normalização e Padronização: Consiste numa manutenção dos sentidos anteriores, através de procedimentos, regras e criação de padrões que conduzam ao cumprimento dos mesmos. Neste sentido não se deve descurar a inovação e a gestão visual, para que todo o processo se torne mais simples, como por exemplo a utilização de cores, símbolos e etiquetas, para distinção de diferentes objetos.
- *Shitsuke* - Senso de disciplina: Este é, provavelmente, o sentido mais difícil de implementar devido à resistência à mudança que normalmente ocorre nas organizações. Neste caso, procura-se controlar os sentidos aplicados anteriormente, definindo pontos e formas de controlo do programa. Este sentido pretende assegurar que os pontos anteriores se mantenham, e verificar que as regras e os procedimentos definidos nos estágios anteriores sejam continuadas, mas passíveis de melhoria. O controlo e verificação não devem ser descurados da componente humana, para tal, devem ser aplicados mecanismos de motivação para quebrar algum tipo de resistência e tornar os sentidos uma constante de trabalho.

Segundo Ohno (1988), para uma análise mais profunda, é recomendado que os gestores passem um dia a observar o espaço fabril, e possivelmente, irão descobrir movimentos improdutivos. Só com este tipo de análise é que se torna possível encontrar problemas e convertê-los em trabalho produtivo. O processo deve ser executado em conjunto com os operários (Ohno, 1988).

### ➤ **Normalização do Trabalho**

A normalização do trabalho consiste em identificar e estabelecer procedimentos para cada operador, de forma, a diferenciar-se do trabalho focado nos movimentos do operador, das instruções de trabalho ou outras formas tradicionais de padronização. Desta forma, pretende-se que esta normalização se foque no processo ou nas etapas por onde o produto passa (Liker & Meier, 2007). Esta ferramenta tem como objetivo reduzir desperdícios, diminuir a carga de trabalho, diminuir os riscos de acidentes, aumentar a produtividade e a satisfação dos trabalhadores (Whitmore, 2008)

A padronização do trabalho é constituída por três componentes (Monden, 2012):

1. Tempo de ciclo padronizado: onde se procura saber o tempo necessário para a produção de uma peça desde o início até à sua finalização;



2. Sequência de trabalho padronizada: é um conjunto de tarefas sequenciadas, com métodos pré-definidos, onde o operador repete de forma consistente durante o período de trabalho;

3. Inventário de *WIP* padronizado: é a quantidade mínima de *stock* necessário para manter um fluxo contínuo de produção, sem que isso crie tempos improdutivos ou interrupção do fluxo de produção.

Para a produção *Lean*, o trabalho padronizado é considerado um fator fundamental, este certifica-se, através da padronização, quais são as atividades que acrescentam valor ao produto, isto é, define as atividades que maximizam o desempenho e minimizam os desperdícios (Spear & Bowen, 1999).

Neste trabalho utilizou-se a ferramenta 3S para proceder a análise às linhas, utilizando então os parâmetros e critérios dos três primeiros sensores (organização, identificação e limpeza) identificando potenciais de melhoria. O senso da padronização e disciplina não estavam implementados no departamento de enchimento. Deste modo, a normalização do trabalho, foi a ferramenta mais utilizada neste trabalho, incidindo na mesma um maior foco.



## 5. Caracterização da empresa

O presente capítulo inclui a história, visão, missão, valores dos seus produtos e por fim a caracterização da unidade onde foi realizada a dissertação, a unidade do enchimento.

### 5.1 Introdução à FontSalem

Font Salem é um dos líderes espanhóis em Marcas de Distribuição (MDD) e *copacking* especializado, não só em diferentes tipos de cerveja, como também numa ampla variedade de refrescos com e sem gás. A Font Salem pertence integralmente ao Grupo Damm, um dos maiores produtores de cerveja em Espanha, o que permite tanto uma melhoria nos recursos como do conhecimento e da capacidade de produção ao realçar a qualidade do produto e do serviço oferecido.

No final do ano 2009, concretizou-se a compra da fábrica de cervejas Cintra, localizada em Santarém, Portugal.

A fábrica de Santarém destina-se à fabricação de refrigerantes e cerveja. Tem uma área total de 290.725 m² distribuídos em diferentes áreas, receção de matérias-primas, Sala de Malte, Brassagem, Fermentação, Guarda, Xaroparia, Enchimento e Armazéns. Produz-se cerca de 1 milhão de hectolitros de cerveja e 2 milhões de hectolitros de refrigerantes. Nesta unidade fabril trabalham cerca de 130 funcionários.

#### Visão, missão e valores

A Font Salem exerce um esforço contínuo para manter os mais altos *standards* de qualidade em cada um dos produtos e serviços que oferece, com o objetivo de proporcionar ao cliente a máxima fiabilidade e garantia de sucesso.

Deste modo, a grande experiência demonstrada pela equipa no sector gerou a confiança da maioria da cadeia de distribuição de alimentação espanhola e europeia, oferecendo a garantia de um produto e serviço no prazo estabelecido, a um preço altamente competitivo e com qualidade certificada.

A Font Salem está inscrita em associações como a ANFABRA (Associação Nacional de Fabricantes de Bebidas Sem Álcool) e APCV (Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja. Cada uma das fábricas, trabalha constantemente com o desígnio de satisfazer as necessidades de todos os clientes preservando amplos valores ambientais e sociais.

## Produtos

A Font Salem produz refrigerantes personalizados, cerca de 2 milhões de hectolitros, com os seguintes formatos:

Lata 33 cl, lata 25 cl, PET 2L, PET 1,5L e PET 0,5L.

E diversos sabores como, bitter, cola, ananás, energéticas, gasosas, sangria, chás, lima-limão, cola light, morango, exóticas e tónicas.

Produz também cerveja personalizada, cerca de 1 milhão de hectolitros, com as seguintes configurações:

Com álcool: especial 5,6°, tostada 6,6°, preta 5,6°, 100% malte 5,5°, extra 8,1°, lager 4,5°/4,8°;

Sem álcool: Inferior a 1°, 0,0°. Shandy limão, Shandy maçã.

E os seguintes formatos: Lata 33 cl, lata 50 cl, vidro 25 cl, vidro 33cl, vidro 1L, barril 20L, barril 30L, barril 50L.

## 5.2 Caracterização da unidade de enchimento

A unidade de enchimento caracteriza-se por ser o local onde todos os produtos são cheios nos seus respetivos recipientes e embalados nos diferentes tipos de formato. A unidade é composta por seis diferentes linhas denominadas por:

- Linha 91: Onde se realiza o enchimento de barril de cerveja e tanquetas de refrigerantes;
- Linha 92: Linha destinada ao enchimento de produtos em garrafa de tara perdida, como cerveja, águas tónicas, etc..;
- Linha 93: Local destinado ao enchimento de latas de cerveja ou bebidas energéticas;
- Linha 94: Como a linha 93 é destinada ao enchimento de produtos em lata, mas para além destas, enche também sumos;
- Linha 95: Linha PET, destinada aos refrigerantes;
- Linha 96: Linha assética, destinada aos produtos asséticos como o *ice tea*.

Grande parte do estudo deste trabalho foi realizado na linha 91, pelo que será feita uma descrição mais detalhada do seu funcionamento. Relativamente às restantes linhas, visualizar-se-á nas imagens abaixo um breve resumo das máquinas que as constituem.

Nas imagens abaixo serão identificados os diferentes tipos de máquinas presentes numa linha de enchimento:

Despaletizadora: Equipamento responsável pela colocação das latas/barris/garrafas vazias na linha, sendo esta a primeira etapa nas linhas, exceto as linhas PET, onde existe um Sopradora em vez de uma despaletizadora (Figura 5.1).



Figura 5.1- Despaletizadora

Enchedora: A sua função passa pelo enchimento correto das garrafas, sendo esta uma máquina circular e com diversos bicos de enchimento (Figura 5.2).



Figura 5.2 - Enchedora

Cravadora: Após o enchimento do produto, a próxima etapa será a cravação das garrafas, onde estas são seladas (Figura 5.3).



Figura 5.3 - Cravadora

Rotuladora: Etapa em que o produto é rotulado de acordo com as especificações deste (Figura 5.4).



Figura 5.4 - Rotuladora

Embaladora: Nesta fase o produto é embalado de acordo com as especificações do cliente, podendo ter diferentes formatos e materiais (Figura 5.5).



Figura 5.5 - Embaladora

Paletizadora: A paletizadora é onde o produto acabado é embalado de acordo com a sua especificação e paletizado na respetiva palete (Figura 5.6).



Figura 5.6 - Paletizadora

Envolvedora: A última etapa é então o envolvimento da paleta por filme para esta ficar segura. Após esta etapa o produto vai para o armazém (Figura 5.7).



Figura 5.7 - Envolvedora

Codificadora a Laser: Todos os produtos são marcados a laser para a rastreabilidade do produto (Figura 5.8).

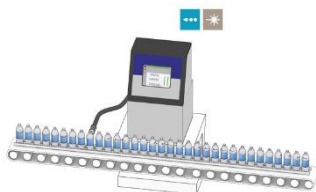


Figura 5.8 - Codificadora a laser

Etiquetadora de Packs: Para rastreabilidade e codificação dos packs utiliza-se uma etiquetadora de packs, que coloca a etiqueta com o respetivo código de barras, identificação do produto e data de validade (Figura 5.9).



Figura 5.9 - Etiquetadora de Packs

Sopradora: Nas linhas de garrafas PET existe uma sopradora, responsável por soprar as garrafas PET (Figura 5.10).



Figura 5.10 - Sopradora

A linha 91 foi onde se elaborou a maior parte do trabalho sendo estas constituída por:

- (1) Despaletizadora
- (2) Virador de Barril
- (3) Lavadora Externa
- (4) Enchedoras
- (5) Balança
- (6) Tamponamento
- (1) Paletizadora

A primeira etapa de enchimento desta linha passa pela colocação das paletes com barris vazios na despaletizadora, de seguida a despaletizadora distribui os barris pela linha, estes dirigem-se até ao virador de barril, onde é virado para se encontrar na posição correta (vareta de enchimento para baixo) ao chegar às enchedoras, e após ser virado, o barril passa pela lavadora externa, onde é lavada toda a sujidade. Após a lavagem do barril este segue para as enchedoras, que neste caso são duas, onde se procede à lavagem interna do barril e de seguida ao seu enchimento. A seguinte etapa é então, mais uma vez, o virador do barril, uma vez cheio este volta à sua posição normal (vareta de enchimento para cima), colocando-se depois manualmente uma etiqueta antes de passar pela máquina que coloca a tampa no barril. Por fim o barril chega à paletizadora, onde este é paletizado, passando posteriormente pela envolvedora, onde é envolto em plástico e então retirado da linha pela logística.

O enchimento de tanquetas é um processo menos automatizado, uma vez que as despaletizadora/paletizadora não está preparada para funcionar com o formato de tanquetas, assim sendo todo o processo de enchimento de tanquetas é igual, tirando a parte da despaletizadora/paletizadora em que neste caso as tanquetas são colocadas e retiradas da linha manualmente.







## 6. Análise da situação inicial

No capítulo 6 é apresentado o caso de estudo onde é feita a análise da situação inicial e identificados os principais motivos de paragem e de desperdício.

Na fase inicial do trabalho realizou-se a análise à situação atual da empresa, onde se analisou todo o funcionamento das linhas bem como todos os procedimentos da empresa e a sua forma de operar. Após essa análise foram identificados os principais motivos de paragem e desperdícios. Por fim, foram encontradas algumas propostas de melhoria que passaram pela aplicação da metodologia TRIZ e filosofia *Lean* ao longo das várias linhas de enchimento, sendo que a grande maioria do trabalho realizado foi a criação de várias instruções para os diferentes processos e operações. Elaboraram-se cerca de cinquenta instruções de trabalho para várias operações complexas e demoradas, tais como as trocas de produto e trinta *one point lessons*, identificando pequenos avisos para evitar falhas, e alguns novos parâmetros das diferentes máquinas. Neste trabalho, foi incidida uma maior importância nas trocas de formato nas diferentes máquinas e linhas, por serem operações de ocorrência frequente, demoradas e com existência de muitos paços/peças. As instruções foram realizadas à medida que ocorriam os diferentes processos/operações nas linhas, no entanto, nem todas necessitavam de instruções. Certas operações têm uma maior duração, pelo que não foi possível fazer o acompanhamento de todas no mesmo dia, uma vez que, a linha não pode parar para este tipo de acompanhamento/intervenções.

Numa primeira fase de análise, ao longo de algumas semanas, foi realizado um seguimento de todas as linhas, pelo que foram acompanhadas várias trocas de formato, inícios e fins de produção, limpezas e todo o tipo de avarias que ocorriam. As técnicas existentes na empresa eram demasiado confusas e sem qualquer tipo de procedimento implementado, demorando muito tempo nas operações de troca de produto e cada operador realizava este processo de forma diferente e de forma completamente autónoma e sem orientação. Para além de não existir um procedimento para a troca de produto, as diferentes peças, encontravam-se todas juntas e sem qualquer tipo de organização lógica, tornando-se muito confuso para o operador, levando-o a despende de muito tempo na procura das peças e ordem correta. Existiam também diversas marcações ao longo das máquinas, muitas delas antigas e sem qualquer tipo de uso, outras impercetíveis. Nas imagens abaixo serão apresentados alguns exemplos. Durante o período de estágio a empresa deteve dezenas de funcionários diferentes, que apenas aprendiam um dia ou dois na respetiva máquina e depois ficavam a operar sozinhos, o que levava a inúmeros erros de produção e perdas de tempo, devido à falta de formação e à desorganização que se encontra nas linhas e pela inexistência de instruções de trabalho. A rotação destes operadores entre as várias linhas era algo que também ocorria com frequência, o que mais uma vez, devido à falta de organização a nível dos postos

de trabalho, gerava alguma confusão, pois os operadores não percebiam corretamente as funções que haviam de realizar nem como deviam deixar o seu espaço de trabalho.

Imagem de várias peças de diferentes formatos, muito desorganizadas e sem qualquer identificação (Figura 6.1).



Figura 6.1 - Carro de troca de formato

Peças de formato no chão, todas juntas, sem qualquer identificação e organização (Figura 6.2).



Figura 6.2 - Peças de formatos

É possível ver novamente a mesma situação, peças de formato sem qualquer organização e apenas algumas identificadas em inglês (Figura 6.3).



Figura 6.3 - Peças diferentes formatos

Imagem de uma máquina com várias marcações confusas e algumas impercetíveis (Figura 6.4).



Figura 6.4 - Várias marcações numa máquina

Após o período de análise e feito todo o registo de avarias, foi feita uma compilação de todos os dados, onde se chegou às principais causas de paragem ao longo das linhas de enchimento, sendo estas os inícios e finais de produção, vários encravamentos ao longo das linhas bem como os ajustes das máquinas, como se pode ver na tabela 6.1 onde está indicado a % de horas de paradas em relação a cada motivo de paragem no global das 6 linhas de enchimento.

Tabela 6.1 – Tipos de paragem

Motivo de paragem	%H.Paradas
Início de Produção	3,45 %
Final de produção	4,00 %
Ajustes de máquina	5,00 %
Encravamentos	23,84 %

Os principais motivos de paragem seriam os inícios e finais de produção, ajustes de máquinas, encravamento, limpezas e avarias mecânicas/elétricas, concluindo, o principal motivo de desperdício era o tempo e produto.

Em média havia uma quebra de produto em 5% devido a produto não conforme, o que levava também a um desperdício de material (Garrafas, latas, filme envolvedor.).

Em relação a tempos de paragem, estes seriam por vezes superiores a 3 horas/ turno. Como se pode ver na tabela 6.2, os Ajustes de máquinas, são a paragem mais longa, sendo esta facilmente reduzida com a criação de instruções de trabalho, pois esta paragem resulta de uma má troca de formato. Os encravamentos em média por turno podem resultar em paragens de 1,5h no total do turno, sendo esta a paragem que ocorre com mais frequência (24%).

Tabela 6.2 – Tipos de paragem por média de horas paradas

Motivo de paragem	Médias h.paradas/turno
Início de Produção	1h
Final de Produção	1,5h
Ajustes de máquinas	3h
Encravamentos	1,5h

Por fim, foi feito o estudo dos principais motivos de paragem, para isso utilizou-se a ferramenta TRIZ análise substância campo, onde foram analisados todos os sistemas e encontrada uma solução. No capítulo seguinte serão apresentadas as soluções.

Foi utilizada também a ferramenta TRIZ, ARIZ para fazer uma análise à situação atual da empresa, tentando perceber o caminho a seguir, para atingir os objetivos do estudo. No fluxograma abaixo (figura 6.5) é feito a análise ARIZ, onde são identificadas as soluções para atingir os resultados esperados.

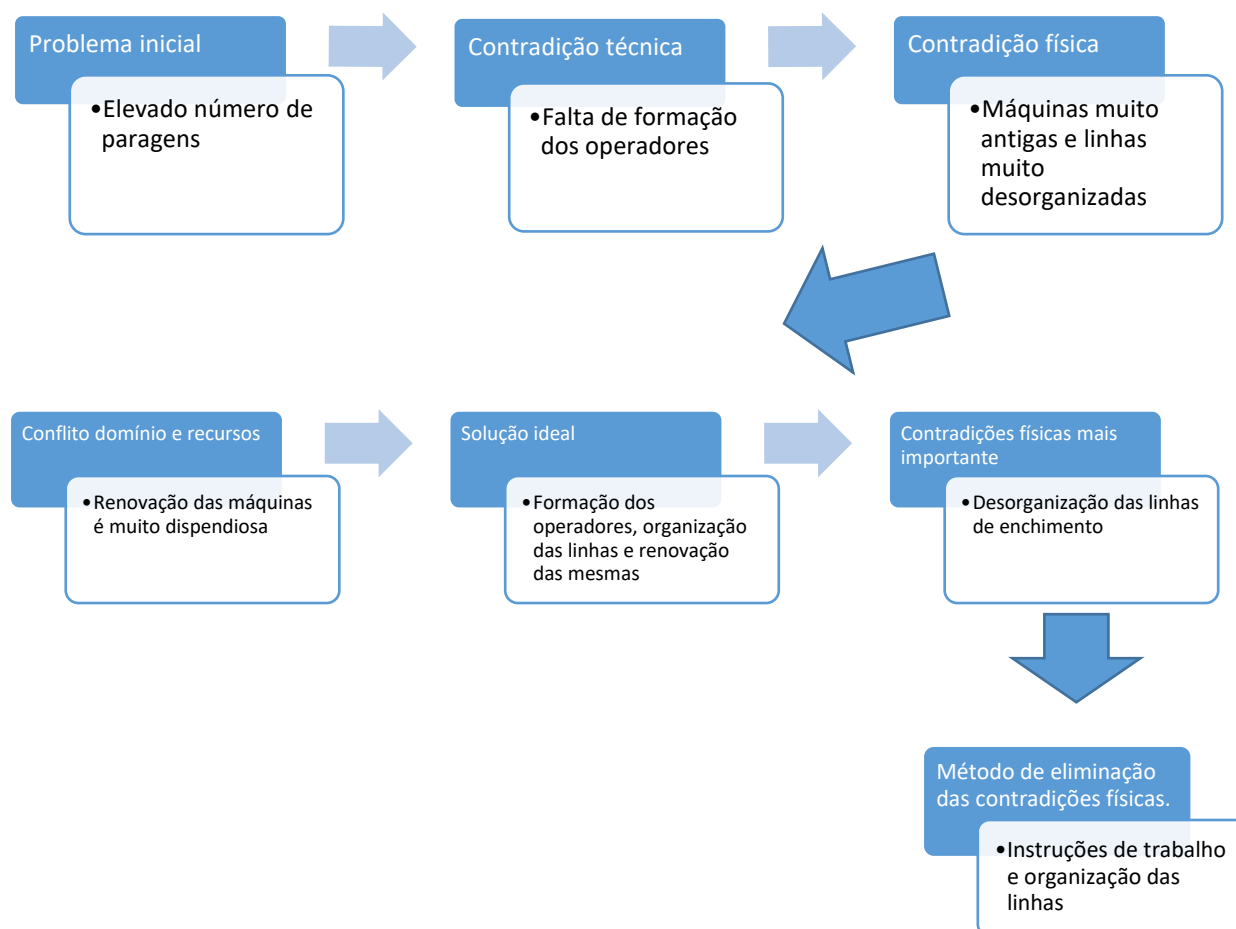


Figura 6.5 - ARIZ

## 7. Propostas de melhoria

Neste ponto serão apresentadas algumas propostas de melhoria, estas propostas surgiram após a utilização da ferramenta TRIZ análise substância campo para análise dos sistemas atuais. As propostas apresentadas são todas as ferramentas *Lean* aplicadas nas diferentes linhas de enchimento. Como já foi referido no início do presente capítulo quase todo o trabalho realizado consistiu na aplicação de diferentes instruções ao longo de todas as linhas, mas devido ao procedimento ser muito repetitivo, resolveu-se apresentar apenas uma indicação de como são feitas as instruções e depois apresentadas algumas ferramentas *Lean*.

Após identificados os principais motivos de paragem das linhas de enchimento (Início, fim de produção, encravamentos, ajustes de máquinas) serão então apresentadas as propostas de melhoria com o objetivo de reduzir tempo de operação e desperdício de materiais. Para a fase de análise foi utilizada a ferramenta TRIZ análise substância-campo, sendo esta uma ferramenta que poderá ser bastante útil na resolução das problemáticas. Utilizou-se então as ferramentas *Lean*, para a resolução de vários problemas identificados nas diversas linhas de produção através da identificação do sistema em análise bem como a sua solução/melhoria. Foi este o processo utilizado para todas as instruções de trabalho implementados, na primeira fase a análise através da substância campo e depois a criação do procedimento. Será então apresentado primeiro a fase de análise com a análise substância campo, e posteriormente, um procedimento de trabalho como proposta de melhoria, por fim, é feita uma análise com a ferramenta *Lean* 3S e apresentadas as propostas de melhoria, sempre com o objetivo de reduzir os tempos de paragem e desperdícios devido aos principais motivos de paragem identificados.

Será então apresentado o exemplo da fase de análise de um sistema com falhas, bem como a criação da sua solução (Instrução de trabalho):

### **Fase de Análise (Análise Substância campo).**

#### **➤ Troca de formato Codificadora (Linha 93)**

Sistema completo insuficiente ou ineficiente

Neste sistema, a substância S2 será o operador, a substância S1 a Codificadora e, por fim, o campo F a operação de troca de formato

Neste caso, é necessário melhorar o sistema, modificando as substâncias ou até mesmo utilizando uma nova substância para criar o efeito desejado (figura 7.1).

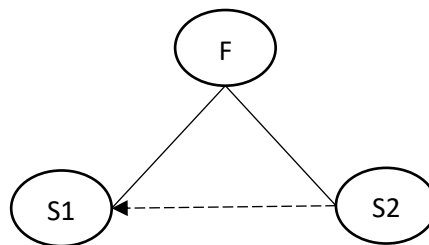


Figura 7.1 – Sistema gráfico em estudo

As constantes perdas de tempo durante a operação de troca de formato da Codificadora e a falta de afinação será devido á falta de prática e desconhecimento da própria operação em si.

Assim, para este sistema, a solução mais apropriada seria a solução geral 3, ou seja, adicionar uma nova substância, para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (figura 7.2).

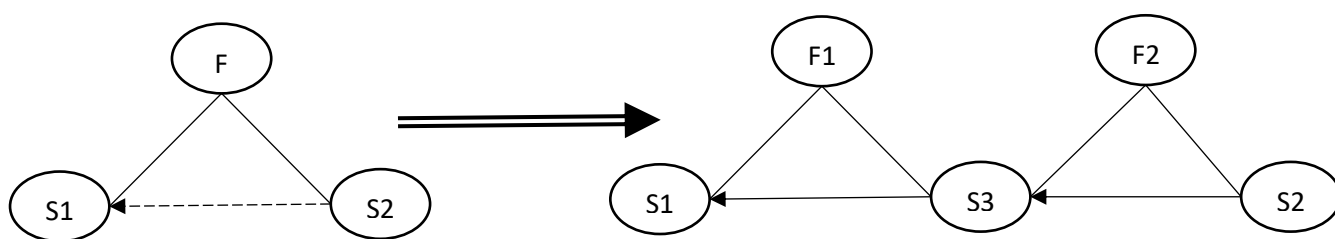




Figura 7.2 – Solução do sistema em estudo

Desta forma, a adição de uma nova substância, seria a criação de uma instrução de trabalho em que fosse explicado toda a operação de troca de formato de uma forma simples e compreensível por todos os operadores. Como resultado, esta solução diminuiria o tempo da operação de troca de formato, bem como todas as afinações necessárias no início de funcionamento da máquina.



## Instruções de trabalho

IT – INSTRUÇÕES DE TRABALHO		
Dpto. de Enchimento/Qualidade		Revisão 1 (Julho 2016)
 FONT SALEM	<h1>Troca de Formato Codificadora</h1>	

*Recorde-se que deve respeitar sempre a sua Segurança e as normas de Segurança alimentar estabelecidas na Empresa.*

### **OBJECTIVO**

Realizar a troca de formato na codificadora

### **EQUIPAMENTOS**

Codificadora.

### **PROCEDIMENTO**

- 1) Selecionar a imagem com as três garrafas como se pode ver na imagem abaixo

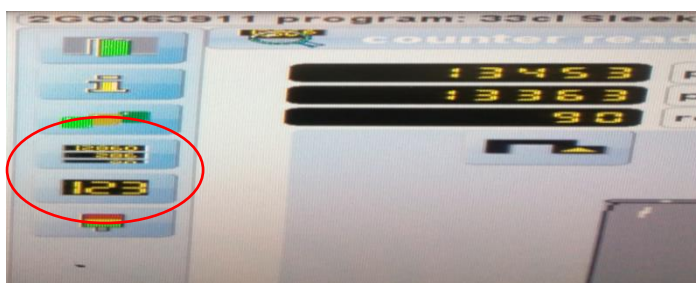


Figura 7.3 – Menu inicial codificadora

- 2) Selecionar o novo formato e confirmar

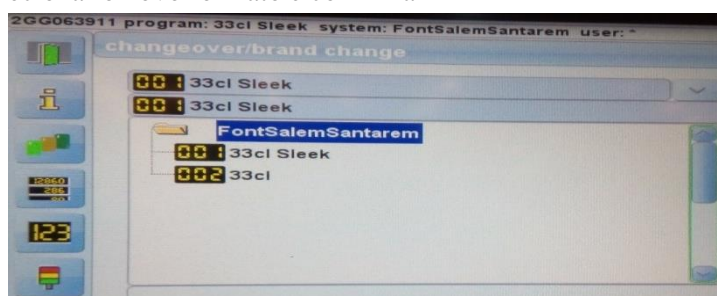


Figura 7.4 – Novo formato

3) Ajustar para a altura correta de acordo com as medidas do novo formato



Figura 7.5 – Ajustar altura correta

Será anexado este procedimento e mais alguns, sendo que todas as instruções estão sujeitas a melhoria contínua, com o acompanhamento de várias trocas de formato e aperfeiçoando-as cada vez mais.

Foram realizadas cerca cinquenta instruções de trabalho, sendo a maioria para as trocas de formato, no entanto, foram também produzidas instruções de trabalho para inícios de produção, fins de produção, ajustes de máquinas, limpezas, entre outras. Com as aplicações das várias instruções de trabalho os resultados obtidos foram positivos, com uma redução do tempo de operação em todas as operações em que se aplicou as instruções de trabalho.

Após a realização de dezenas de instruções de trabalho para todas as linhas, iniciou-se um estudo mais profundo da linha 91 (linhas do barril). Na linha 91 os principais motivos de paragens identificados foram como no geral, inícios de produção e encravamentos ao longo da linha. Para a problemática dos inícios de produção foram criadas várias instruções de trabalho, para a identificação dos motivos de encravamento ao longo das linhas foi realizada uma auditoria á linha começando por utilizar a ferramenta 3S, pois verificava-se uma grande desorganização na linha como se pode confirmar nas imagens abaixo.

**3S** – Aqui será apresentada a auditoria à linha 91 segundo a ferramenta 3S. Foram identificados todos os aspetos a melhorar, sendo que, não irão ser apresentados os resultados finais devido a não terem sido todos implementados durante o período de estágio.

Tabela 7.1: Auditoria 3S

	Critério de avaliação	Resultados	
1.1	Existe material obsoleto ao longo da linha	Barris a verter, barris danificados, barris de produção anterior, paletes vazias, barris para esvaziar	O r g a n i z a ç ã o
1.2	Existência de materiais sem utilização ou com defeito	Barris a verter, barris danificados, paletes partidas	
1.3	Existência de materiais, caixotes de transporte ou paletes desorganizadas	Caixas de formato, peças de trocas de formato, etiquetas, materiais de limpeza	
1.4	Existe material desnecessário na zona de trabalho		
1.5	Existe informação desnecessária/irrelevante na área de trabalho	Etiquetas e carimbos, oee's antigos	
2.1	As áreas de armazenagem estão identificadas de acordo com algum modelo	Não existe nenhum modelo de identificação	I d e n t i f i c a ç ã o
2.2	Existem marcas/sinais distintos dentro da zona de trabalho	Falta a identificação de várias zonas como a do barril passa ou não passa, peças de troca de formato	
2.3	Existem placas de identificação que distingue zonas de trabalho	Não existe placas que identifiquem as diferentes zonas de trabalho	
2.4	Existem identificações de zonas de arrumação (armários)	As zonas de arrumação não se encontram identificadas	
3.1	Os acessos encontra-se desimpedidos e limpos	Muito barril a cumulado na zona de passagem do empilhador e na zona de descargo do barril	L i m p e z a
3.2	Os postos de trabalho estão limpos, sem sujidade e em locais de difícil acesso	Zona de trabalho suja	
3.3	A área de trabalho está limpa (chão, paredes, janelas, portas, prateleiras)	Existe sujidade na zona do trabalho, como areia e restos de tampas	
3.4	Os equipamentos de transporte encontram-se limpos	A paletizadora encontra-se com pó, paletes, barris e plástico	
3.5	Existem rotinas/planos ou checklist de limpeza	Existem checklists de limpeza, mas não planos de limpeza	
3.6	Estão disponíveis no posto de trabalho material de limpeza	Estão disponíveis materiais de limpeza, mas alguns não se encontram em condições	

### **Algumas fotos da situação atual:**

Bancada de trabalho desorganizada e com materiais não necessários à produção, como objetos pessoais dos operadores (Figura 7.6).



Figura 7.6 - Bancada de trabalho

Local de arrumação de materiais necessários para o operador, completamente desorganizado (Figura 7.7).



Figura 7.7 - Local de arrumação

Zona de trabalho completamente desorganizada e suja, com barris rejeitados espalhados por toda a linha (Figura 7.8).



Figura 7.8 - Zona de trabalho desorganizada

Pavimento com muita sujeira (Figura 7.9).



Figura 7.9 - Pavimento

Diferentes tipos de materiais juntos, sem qualquer identificação (Figura 7.10).



Figura 7.10 - Zona de arrumação de materiais

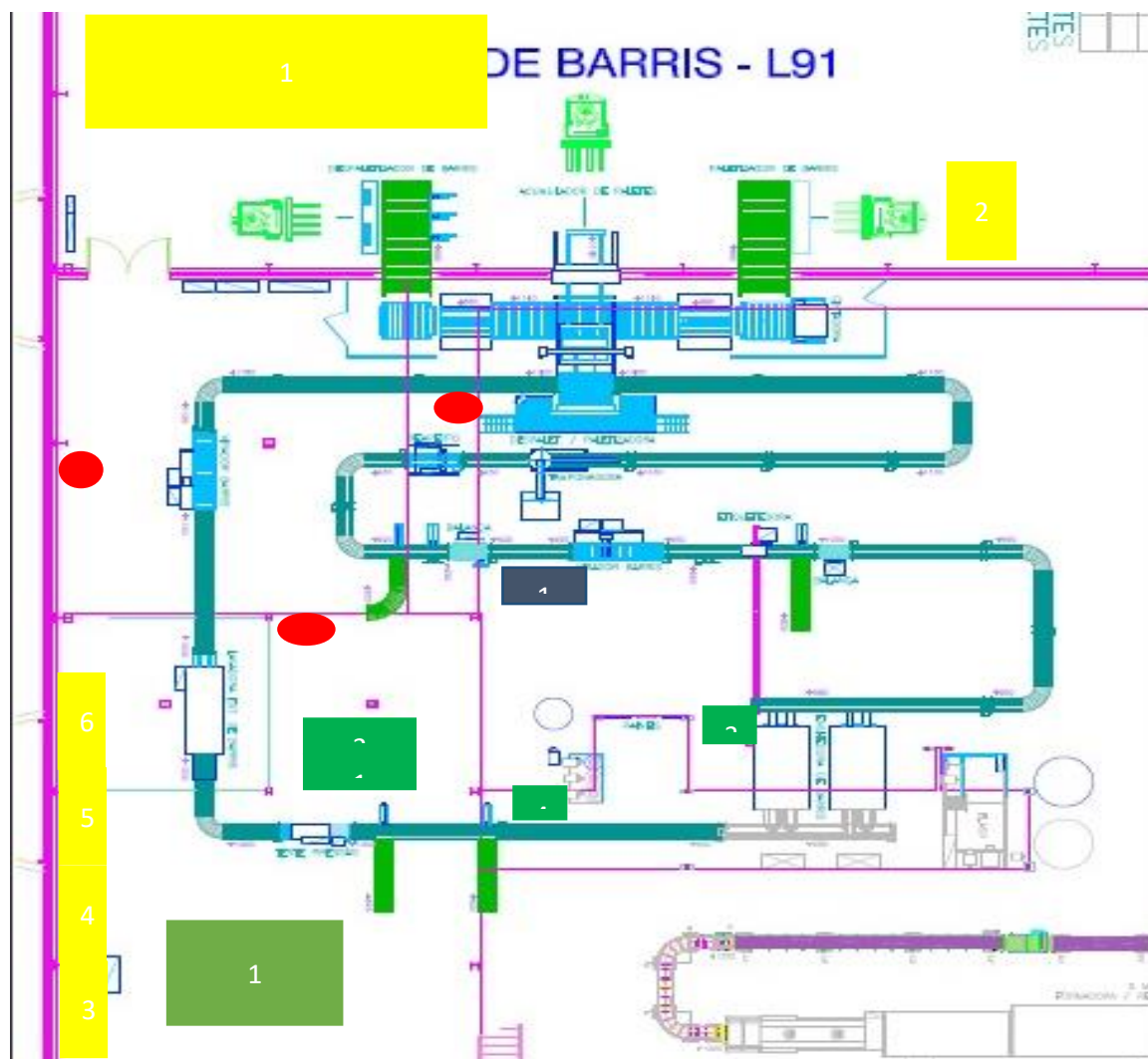
Diferentes tipos de produtos juntos e desorganizados (Figura 7.11).



Figura 7.11 - Zona de despejo do barril

Após feita a auditoria, foi notória toda a desorganização da linha, o que motivava algumas das paragens, deste modo, chegou-se a duas propostas de melhoria, sendo a primeira a organização das diferentes zonas da linha de enchimento e a segunda a organização das limpezas.

**Organização das diferentes zonas da linha de enchimento** – Devido à desorganização encontrada ao longo da linha, como se conseguiu identificar também com o 3S, foi necessário definir diferentes zonas de trabalho para facilitar a organização da linha bem como o trabalho dos operadores como está identificado pela figura 7.12.



Legenda:

<b>Zona de armazenamento do barril:</b>	<b>Zona de Despejo de Barril</b>	<b>Zona de Arrumação:</b>	<b>Zona Materiais de Limpeza</b>	<b>Bancada de Trabalho</b>
1: Barril Vazio		1: Barril P/NP		
2: Paletes Vazias		2: Barril Rejeitado		
3: Barril Qualidade		3: Trocas formato		
4: Barril Vazio		4: Formato Cintra		
5: Barril a Verter				
6: Barril para Fabrico				

Figura 7.12 - Diferentes zonas da linha de enchimento



**Organização das limpezas** – Neste ponto foi criado um mapa (Figura 7.13) em que se identifica as zonas mais críticas de limpeza, para chamar a atenção aos trabalhadores e manter a linha limpa. Bem como fotos de situações pontuais, identificando onde e como se deve efetuar a limpeza/organização.

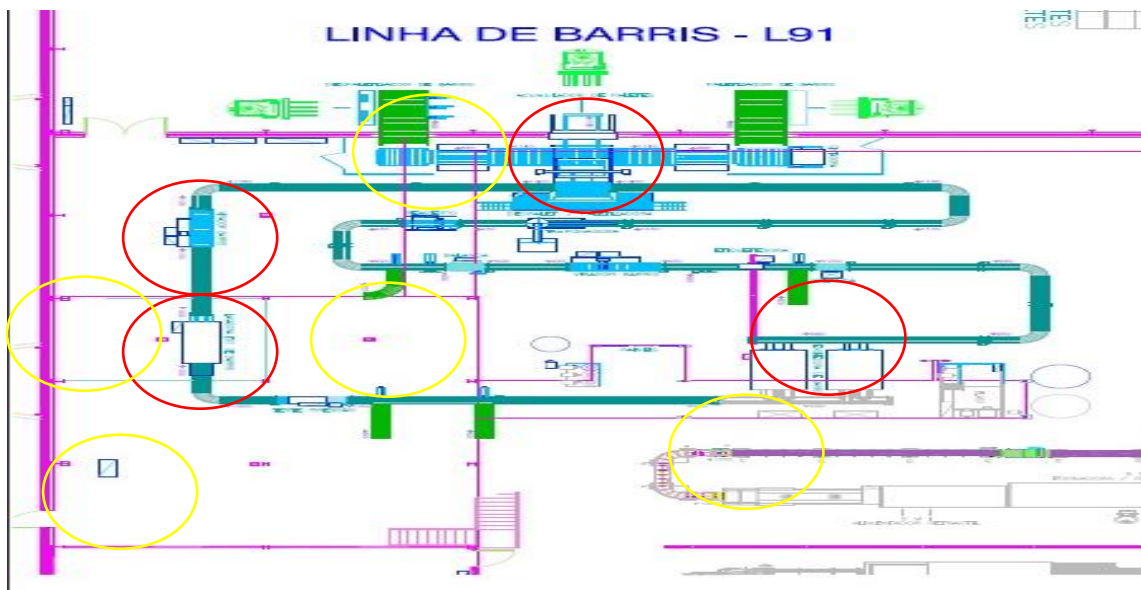


Figura 7.13 - Zonas de limpeza

A Vermelho estão marcadas as zonas críticas que necessitam de limpeza.

A Amarelo estão marcadas as zonas críticas que necessitam de arrumação.

Durante o CIP ou Paragem prolongada todas as zonas marcadas a vermelho têm de ser limpas e as zonas marcadas a amarelo organizadas.

Foram também criados os seguintes *standards* de limpeza que devem ser sempre cumpridos:

### **Lavadora externa**

Lavar todos os chuveiros de lavagem (Laterais e Superiores) confirmar que os chuveiros não se encontram entupidos (Lavar com ar comprimido) (Figura 7.14).



Figura 7.14 – Limpeza dos chuveiros de lavagem

Retirar toda a sujidade que se encontra no fundo da lavadora e limpar todos os chuveiros, confirmar que estes não se encontram entupidos nem tapados por sujidade (Figura 7.15).



Figura 7.15 – Sujidade no fundo da lavadora externa

Limpar todos os filtros da lavadora externa (utilizar ar comprimido) renovar a água e remover toda a sujidade acumulada (Figura 7.16).



Figura 7.16 - Filtros lavadora externa

Lavar todo o interior da lavadora, retirar toda a sujidade, desentupir a saída de água e passar água em toda a lavadora (Figura 7.17).



Figura 7.17 - Interior da lavadora externa



### **Zona de despejo e barril rejeitado**

Remover todo o barril rejeitado da zona de trabalho.

Despejar todo o barril, organizar no seu devido lugar e pedir à logística para retirar o barril vazio (Figura 7.18).



Figura 7.18 – Zona de despejo de barril

### **Zona do Despaletizador/Paletizadora**

Limpar toda a zona.

Retirar paletes e barris caídos ou de produções anteriores (Figura 7.19).



Figura 7.19 – Zona do Despaletizador/Paletizador

### **Zona da enchedora/ Tanques de Movimentação**

Limpar todos os bicos da enchedora de acordo com os *standards* de limpeza.

Descalcificar o tanque de água quente, colocar solução ácida no tanque durante 45 minutos. No final enxaguar com água duas vezes para se certificar que não ficam restos de ácido no tanque (Figura 7.20).



Figura 7.20 – Zona da enchedora/Tanques de movimentação

Com a implementação destas duas propostas de melhoria os resultados alcançados foram, uma redução dos encravamentos devido ao mau estado de limpeza da linhas, o que motivava vários encravamentos e paragens da linha, como por exemplo os chuveiros de lavagem do barril entupidos, o que leva ao barril não ser lavado e ter de ser lavado á mão pelo operador o que leva a alguns encravamentos. Deste modo, o tempo de paragem devido aos encravamentos poderá ser reduzido 50 %, com a criação destes “standards de limpeza” e a organização das diferentes zonas da linha do enchimento.

Para reduzir o tempo de paragem devido a simples problemas elétricos ou mecânicos, foi criado um manual de *Troubleshooting* para todas as máquinas da linha. Com este manual o tempo de identificação das causas de paragem bem como a resolução das mesmas pensa-se ser possível reduzir em cerca de 75 %.

*Troubleshooting* – Neste ponto identificaram-se todos os problemas ocorridos ao longo dos turnos de trabalho nas diferentes máquinas, bem como as suas causas e soluções, com o intuito de reduzir a ocorrência destes erros bem como o tempo de os identificar e resolver. Desenvolveu-se então um manual com os respetivos problemas que podem ocorrer durante a produção em cada uma das máquinas bem como as suas causas e soluções. Será apresentado por cada máquina os seus problemas, causas e efeitos.

### **Despaletizadora**

Problemas:

- 1: Despaletizadora sobe e desce.
- 2: Palete não sai da despalete.
- 3: Palete não entra na despalete.
- 4: Muito barril caído na despalete.

Causas:

- 1:Algum sensor tapado pelo plástico.
- 2: Palete está a tapar o sensor da saída.
- 3: Sensores desfocados.
- 4: Sensores desfocados / plástico no barril/ Barris mal posicionados na palete.

Soluções:

- 1: Retirar o plástico e executar a tarefa em manual.
- 2: Puxar manualmente a paleta para trás, para desobstruir o sensor.
- 3: Focar os sensores.
- 4: Focar os sensores / retirar os plásticos / Pedir ao operador do barril para retirar o plástico e posicionar corretamente os barris, em último caso trabalha a duas alturas ou colocar o barril manualmente na linha.

### **Enchedora**

Problemas:

- 1: *Set point* de enchimento incorreto.
- 2: Muita turbulência na zona dos tanques de movimentação.
- 3: Diversos erros nos diversos passos a executar pela enchedora em cada estação.
- 4: Barris encravados na saída da enchedora.
- 5: Muito barril a ser rejeitado na estação 1.
- 6: Todos os ciclos terminados, enchedora ligada, mas não avança.

Causas:

- 1: Valor de *set point* incorreto.
- 2: Tanque de água quente com muito calcário.
- 3: Alguma electroválvula obstruída, avariada ou falha em algum sensor.
- 4: Falta de lubrificação ou coordenação entre enchedoras.
- 5: Barril entra mal posicionado.

6: Sensor de entrada de barril (branco) não dá sinal de que tem barril.

Soluções:

1: Colocar a palavra-chave e colocar um novo valor de *set point*.

2: Descalcificar com ácido o tanque de água quente.

3: Colocar na dinâmica da estação onde ocorre o erro e verificar qual a electroválvula ou sensor que está a falhar, executar a tarefa em manual, em caso de continuar com o erro chamar a manutenção.

4: Atrasar uma enchedora em relação á outra.

5: Ajustar a entrada do barril.

6: Ajustar o sensor de entrada.

### **Lavadora externa**

Problemas:

1: Baixo valor de titulação de soda e temperatura na lavadora externa.

2: Baixo valor de titulação e a lavadora não rearma nem se inicia.

3: Depois de uma troca de tanquetas para barril, barris encravam dentro da lavadora.

Causas:

1: Muita sujidade acumulada nos filtros.

2: Falta de algum dos bicos de lavagem de soda.

3: Má colocação dos cilindros e escovas, ou válvulas do ar fechadas.

Soluções:

1: Retirar os filtros da lavadora e limpa-los.

- 2: Verificar se todos os bicos de lavagem estão bem colocados, não estão obstruídos e não falta nenhum.
- 3: Colocar os cilindros e escovas no sítio correto e após isto ligar as válvulas do ar comprimido, se continuar a persistir o erro ajustar os pneumáticos dos cilindros e escovas.

### **Virador de palete**

Problema:

- 1: Palete no virador da etiquetadora não para na posição correta.

Causa:

- 1: Palete partida por baixo, não dando indicação ao sensor da sua presença.

Solução:

- 1: Puxar manualmente a palete para uma posição em que o sensor esteja tapado.

### **Inspetor**

Problemas:

- 1: Barril encravado no inspetor.

Causas:

- 1: Sensor não está a dar sinal para a saída do barril

Soluções:

- 1: Tapar o sensor para dar indicação para a saída do barril.

### **Paletizadora/Despaletizadora**

Problemas:

1: Palete não é recolhida / Palete mal centrada / Barril mal ajustado pelo empurrador/ Barril mal agarrado pela paletizadora/ palete avança sem o barril.

Causas:

1: Fotocélulas desfocadas ou alguma fuga de ar comprimido.

Soluções:

1: Verificar se todas as fotocélulas estão bem focadas e se não existe fuga de ar comprimido.

### **Virador de barris**

Problemas:

1: Barril encravado no virador do barril.

Causas:

1: Barris muito juntos, o que causa o encravamento do barril do virador.

Soluções:

1: Desligar o virador e retirar o barril encravado, voltar a ligar o virador e deixar um espaçamento entre barris.

**Zonas de trabalho** – Devido à rotação dos diferentes operários e equipas de trabalho na linha, foram estabelecidas zonas de trabalho *standard* (para identificar como se pretende que as equipas trabalhem ao longo do turno) (Figura 7.21).

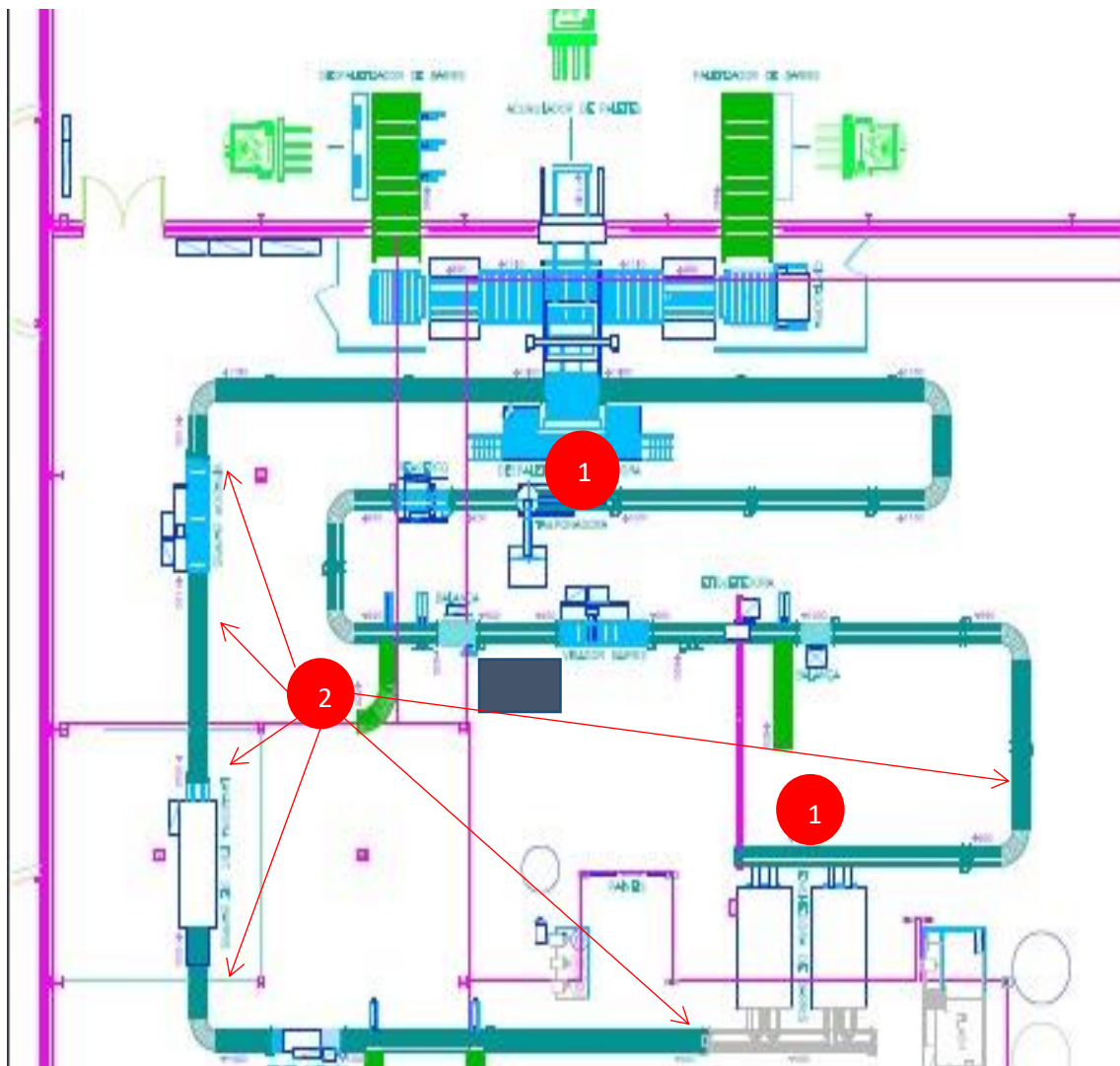


Figura 7.21 - Zonas de trabalho

O operador 1 será o operador principal e com mais experiência. Irá supervisionar a linha e executar as tarefas mais complexa que possam ocorrer durante o enchimento, será o responsável pelo inícios e finais de produção bem como cumprimento das limpezas.

O operador 2 será o operador com menos experiência, que irá executar tarefas mais simples, estando sempre atento ao funcionamento da linha para reparar em qualquer avaria ou anómalia para desta forma avisar o operador nº1.





## 8. Discussão de Resultados

Neste capítulo será apresentado a situação atual da empresa e os impactos positivos que podem vir a ter com as medidas implementadas.

O desenvolvimento de um plano de melhoria contínua para os processos é considerado fundamental para as organizações, tendo em conta as potencialidades que as metodologias estudadas de forma integrada podem ter nos níveis de eficiência, rendimento e na vantagem competitiva que estas podem atingir.

Como foi comentado ao longo de todo o trabalho, a empresa em estudo trabalha com diversas marcas e tipos de produtos, o que leva a constantes trocas de formato e produto e a algumas perdas de tempo devido à sua complexidade, pelo que foi sentida a necessidade de implementar instruções de trabalho para tentar reduzir estes tempos. A empresa teve um rápido crescimento num curto prazo de tempo, sendo que a implementação da melhoria contínua é uma ferramenta essencial para todos os processos acompanharem o crescimento e volume de trabalho da empresa.

Com o presente estudo deteve-se o objetivo de reduzir o desperdício de tempo e materiais nas linhas, sendo que, para esse efeito, foi primeiro feita uma análise às diferentes linhas, identificando-se os principais motivos de paragem como se pode ver nos seguintes gráficos, os dados foram retirados de uma base de dados da empresa criada com as avarias diárias.

Na linha 91 o principal motivo de paragem são os vários encravamentos ao longo da linha, essencialmente encravamentos de paletes e barris. As avarias elétricas devido á antiguidade da linha, de esta trabalhar a elevadas temperaturas e pressões ocorrem muitas avarias elétricas nos sensores da enchedora. As duas seguintes causas de paragens são então os CIP's e inícios de produção, que podem então ver os seus tempos reduzidos com a aplicação destas instruções de trabalho (Figura 8.1).

- Linha 91

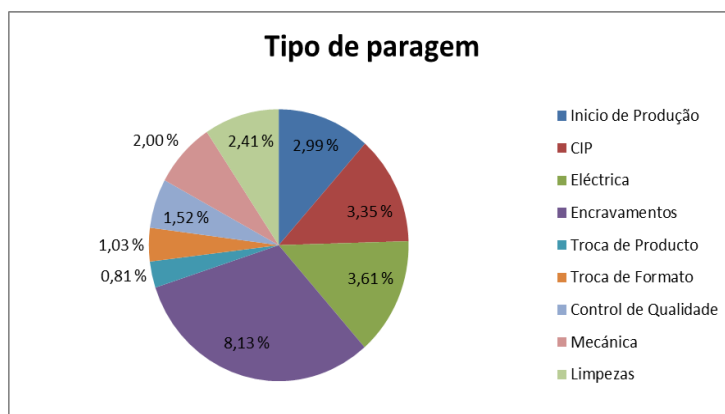


Figura 8.1 – Motivos de paragens na linha 91

Na seguinte linha é possível ver que, mais uma vez, a principal causa de avaria foram os vários encravamentos ao longo da linha, seguindo-se então os vários ajustes necessários à máquina depois de uma troca de produto, bem como as avarias mecânicas e elétricas (Figura 8.2).

- Linha 92

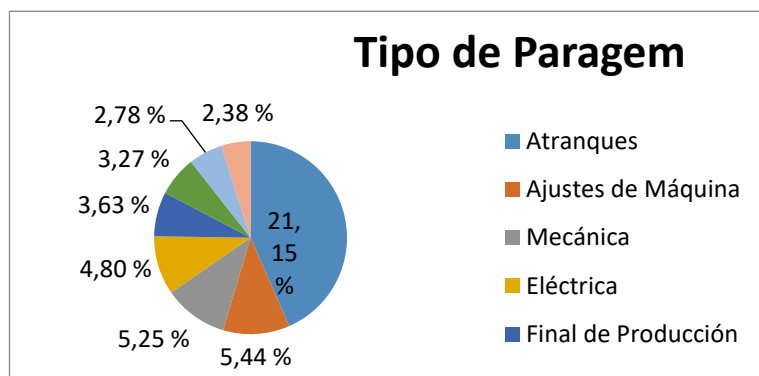


Figura 8.2 – Motivos de paragens na linha 92

Uma vez mais, os encravamentos ao longo da linha são o principal motivo de paragem, seguido dos ajustes das máquinas e avarias mecânicas (Figura 8.3).

- Linha 93

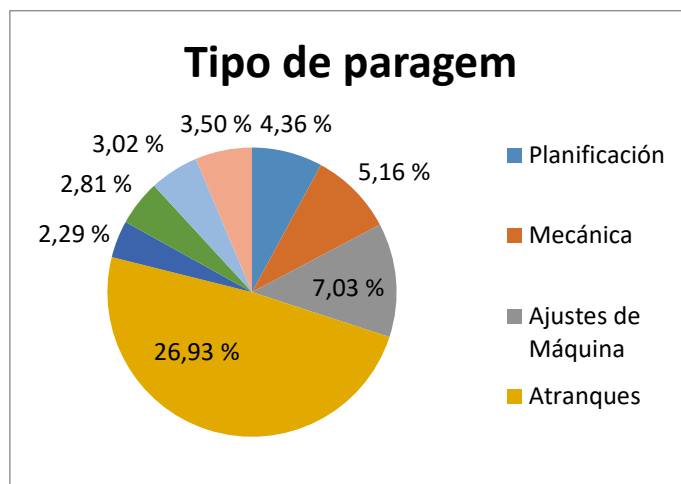


Figura 8.3 – Motivos de paragens na linha 93

Na linha 94, após os encravamentos, os principais motivos de paragem da linha são os finais de produção e CIP's, motivos estes que mais uma vez podem ser reduzidos com a aplicação de todas as instruções (Figura 8.4).

- Linha 94

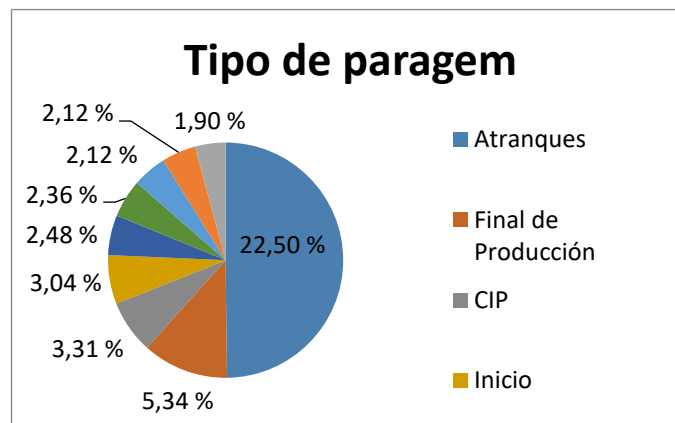


Figura 8.4 – Motivos de paragens na linha 94

Por último a linha 95, em que os ajustes de máquinas e finais de produção são a segunda e terceira causa, respetivamente, de paragem mais comum (Figura 8.5).

- Linha 95

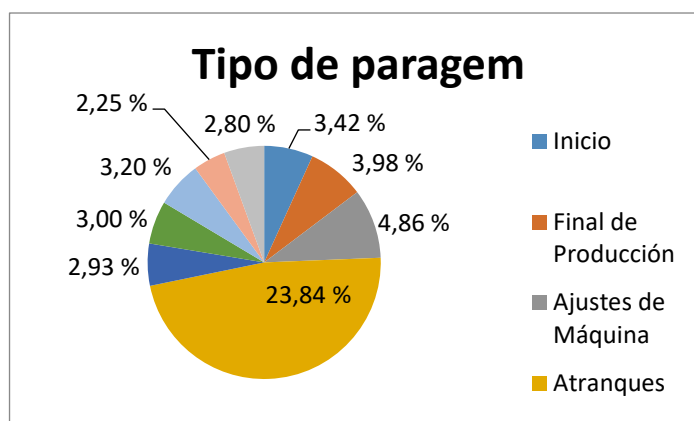


Figura 8.5 – Motivos de paragens na linha 95

Através da análise dos dados retirados da base de dados da empresa, que é feita através das folhas de paragens preenchidas pelos operadores, pode verificar-se em todas as linhas que grande parte da % de paragens é devido a início/fim de produção, ajustes de máquinas e trocas de formato. Estes valores estão apenas em percentagens, mas equivalem a várias horas de paragens, que podem chegar a mais de meio turno de trabalho (cerca de 3 horas). A partir destes dados, foi possível identificar a causa das principais paragens, pelo que se utilizou a ferramenta TRIZ análise substância campo para o efeito. Foram então criadas instruções, para tentar reduzir os tempos de operações e erros que muitas vezes levam às paragens para ajustes como solução, bem como aplicadas algumas técnicas *Lean*.

Em média com a implementação das medidas apresentadas, os tempos de paragem, no que diz respeito a instruções, foram reduzidos 30 % do tempo de paragem. Existem outras causas de paragem também importantes como as elétricas, mecânicas e encravamentos, mas estas situações, apesar de também poderem ser reduzidas com implementação de instruções e algumas melhorias, a maioria delas necessita de custos mais dispendiosos para a empresa. Sempre irá haver paragens, mas estas podem ver os seus tempos reduzidos com a implementação de instruções para facilitar e tornar mais fácil as suas operações, pois são tarefas complexas, que levam a várias perdas de tempo e erros por parte dos operadores.

Na operação de início de produção houve em média uma redução de 18 minutos no tempo de paragem devido a esta. Em relação ao final de produção, devido aos ajustes das máquinas, foi possível reduzir em média 1 hora e meia para 12 minutos de paragens, sendo o local onde se verificou uma maior redução de tempo de paragem, visto que, não existiam quais queres instruções de trabalho para a complexa operação das trocas de formato. Por fim no que diz respeito aos encravamentos, houve uma redução de meia horas, devido à organização das linhas e limpezas.

Tabela 7 – Resultados finais após melhorias em relação aos tempos de paragem

Motivos de paragem	Média h.paradas/turno
Início de Produção	0,7h
Final de Produção	1,3h
Ajustes de máquinas	1,5h
Encravamentos	1h

A principal limitação dos resultados alcançados será a desatualização das instruções de trabalho. As limitações do estudo localizaram-se na criação de algumas instruções de trabalho, pois algumas operações tinham de ser efetuadas com certa rapidez, não dando o devido tempo para realizar as instruções com todo o detalhe.

## 9. Conclusões

A realização deste trabalho na empresa FontSalem, tinha como objetivo identificar problemas a nível operacional e as suas melhorias na unidade de enchimento, reduzindo os principais desperdícios de tempo e material. Deste modo, foi feita uma análise crítica à situação atual da fábrica acompanhando vários processos ao longo das linhas. De seguida, foram identificados os problemas, implementando-se a metodologia TRIZ e filosofia *Lean*, tanto para a fase de análise como para o desenvolvimento de melhorias.

O trabalho desenvolvido foi de acordo com o pretendido pela empresa, pois foram identificados vários tipos de problemas e implementadas várias melhorias a curto prazo. Foram implementadas dezenas de instruções de trabalho para toda a unidade, tendo resultado uma redução dos tempos de paragem em diferentes tipos de operações e como consequente uma redução dos custos. Iniciou-se ainda a implementação de várias ferramentas *Lean* na linha 91, que irão servir de modelo para as restantes linhas.

Como propostas de futuros trabalhos na empresa, ficará continuar com a implementação de melhoria contínua, como já vai sendo feito com a entrada de vários estagiários num próximo período, onde se deve alargar a implementação da metodologia *Lean* a todas as linhas de enchimento, criar instruções de trabalho, para todas as operações mais complexas existentes, melhorar sempre que possível os que já estão implementados, investir em equipamento novo e mais sofisticado, para prevenir as diversas falhas mecânicas e elétricas que ocorrem. A empresa deve criar uma estrutura mais sólida, onde exista uma menor rotação de trabalhadores, visto que essa rotação leva a muitas perdas de tempo em formação e erros iniciais, sendo que a motivação e formação dos operadores também deve ser trabalhada para que estes tenham um rendimento superior. Também a criação de um departamento de melhoria contínua, para que esta chegue a todos os departamentos da fábrica será uma mais-valia.

Os resultados que foram possíveis obter durante o estudo, foram de acordo com os objetivos propostos, com uma redução no tempo de paragens superior a 30%, devido às instruções de trabalho formuladas, bem como a redução de desperdícios de material, também com a implementação de algumas instruções de trabalho, que reduziu o erro em várias operações, como por exemplo trocas de produto, que levava a uma redução de tempo de operação e de desperdício de produto.



## Bibliografia

Altshuller, G. (1999). Tools of Classical Triz. Ideation International Inc., MI, USA.

Altshuller, G. (2007). The Innovation Algorithm - TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. Worcester: Technical Innovation Center, Inc., Worcester, USA.

Altshuller, G. (2002). 40 Principles - TRIZ Keys to Technical Innovation. Technical Innovation Center, Worcester, USA.

Courtois, A., Pillet, M. & Martin-Bonnefous, C. (2003). Gestão da Produção. Edições Lidel - edições técnicas, Lisboa, Portugal.

Domingues, J. (2013). Aplicação de Ferramentas Lean e Seis Sigma Numa Indústria de Sistemas de Fixação. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

De Carvalho, M. (2007). Metodologia ideatriz para a ideação de novos produtos. Dissertação para Doutorado Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Gadd, K. (2011). TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving. L. John Wiley & Sons, Oxford, UK.

Ilevbare, I., Probert, D. & Phaal, R., (2013). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. In: Technovation, vol. 33. Issues 2 – 3, February – March 2013, Elsevier, p. 30-37.

Krasnoslobodtsev, V. (2012). Essential TRIZ for Beginners - Innovación Sistemática | Curso Introducción Al TRIZ Clásico. Retrieved February 10, 2015 (<http://www.innovacion-sistemica.net/cursointroduccion-al-triz-clasico>).

Liker, J. K., & Meier, D. (2004). The Toyota Way Fieldbook - A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. McGraw-Hill. doi:10.1036/0071448934

Meier, D. & Liker, J. (2007). O Modelo Toyota: manual de aplicação: um guia prático para aplicação dos 4 PS da Toyota. Bookman, Brasília, Brasil.

Monden, Y. (2012). Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-In-Time. CRC press, IIE, Boca Raton, USA.

Navas, H. (2013a.) TRIZ- Uma Metodologia para Resolução de Problemas. In: Guia de Empresas Certificadas, Ed. 2013, p. 28-32.

Navas, H. (2013b.) TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation. In: Advances in Industrial Design Engineering. pp. 65-97 INTECH, Rijeka, Croácia.

Navas, H. (2014a.) Fundamentos do TRIZ: Parte II - Níveis de Inovação. Inovação e Empreendedorismo, vol.51, Maio 2014, p. 3.

Navas, H. (2014b.) Fundamentos do TRIZ: Parte VIII - Modelo Substância - Campo. Inovação E Empreendedorismo, vol. 57, Dezembro 2014, p. 3.

Ohno, T. (1988). The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production, Oregon: Productivity Press, Portland, USA.

Pamfilie, R. Petcu, A. & Draghici, M. (2012). The Importance of Leadership in Driving a Strategic Lean Six Sigma Management. Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 58, October, 2013 Elsevier p. 187–196.

Pinto, J. (2009). Pensamento *Lean*, Edições Lidel -Edições técnicas 1ªEd, Lisboa, Portugal.

Rantanen, K. & Domb., E. (2010). Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals, Taylor & Francis, Boca Raton, USA.

Savranski, S. (2000). Engineering of Creativity (Introduction of Methodology of Inventive Problem Solving. CRC Press, Boca Raton, USA.

Spear, S. & Bowen, H. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, vol. 77, September – October, p. 96 – 106.

Stojkic, Z., Majstorovic, V., Visekruna, V. & Zelenika, D. (2014). Application of lean tools and xrm software solutions in order to increase the efficiency of business processes. In Procedia Engineering vol. 69, Elsevier, 2014. p. 41–48.

Suzaki, K. (1987). New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement. Z Free Press, New York, USA.

Tenera, A. & Pinto, L. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model. Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 119, March 2014, Elsevier p. 912–920.



Wahab, A., Mukhtar, M. & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, vol. 11, 2013, Elsevier, p. 1292–1298.

Whitmore, T. (2008). Standardized Work: document your process and make problems visible. *Manufacturing Engineering*, vol. 140, issue 5, 2008.

Womack, J. & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Z Free Press, New York, USA.



# ANEXO

## Instruções de trabalho

Procedimento: “Troca de formato RAMA”

### OBJECTIVO

Realizar a troca de formato na Rama.

### EQUIPAMENTOS

RAMA.

### PROCEDIMENTO

- 1) Desligar a máquina
- 2) Puxar a peça que se encontra na imagem para trás



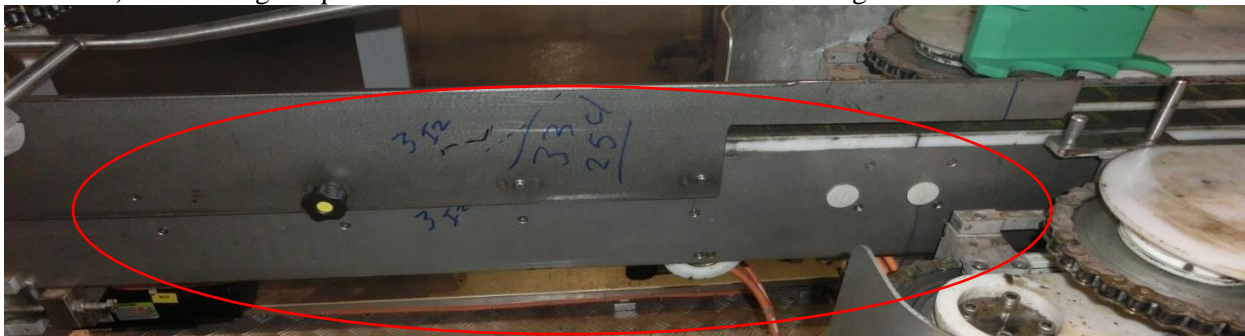
- 3) Ajustar a guia da entrada



- 4) Colocar as duas estrelas da entrada



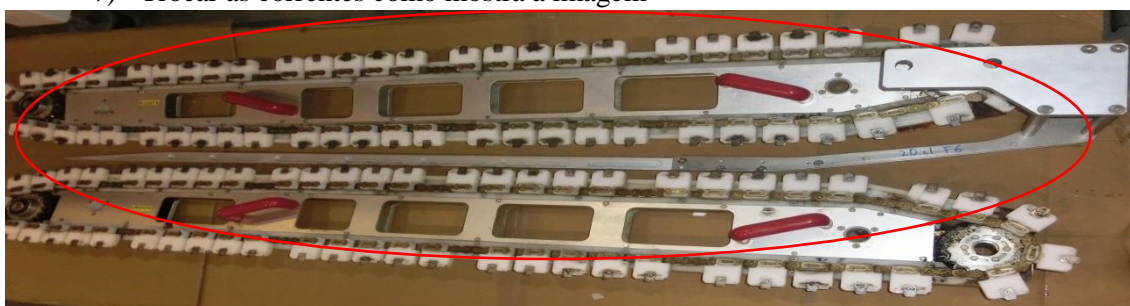
5) Trocar a guia que está dentro da RAMA como mostra a imagem abaixo



6) Ajustar a altura das ventosas



7) Trocar as correntes como mostra a imagem

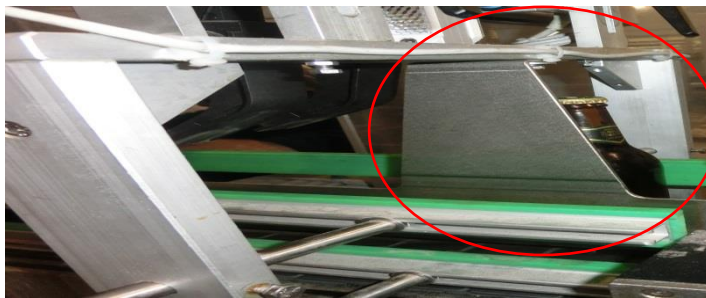


8) Trocar as peças que se encontram na imagem

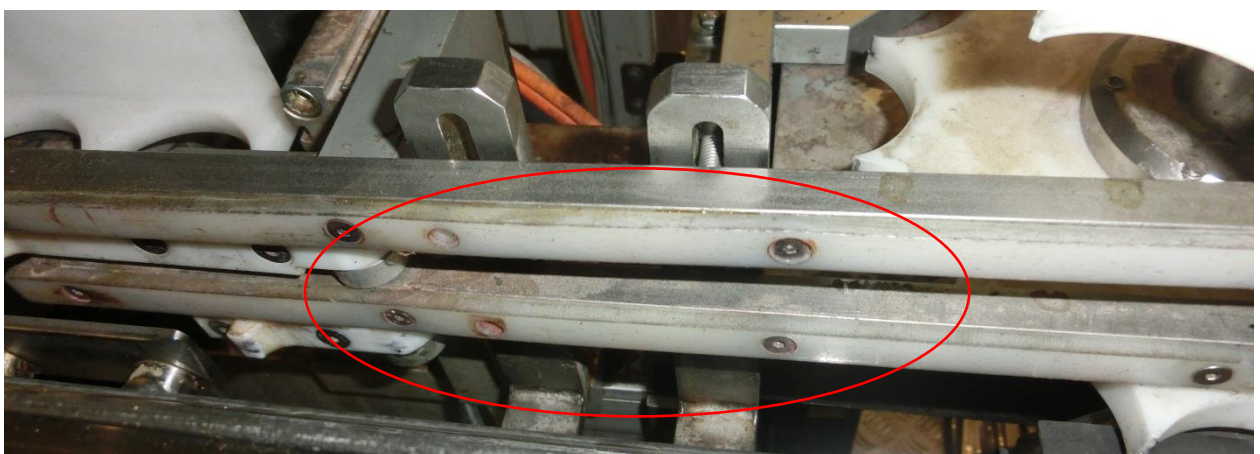




9) Ajustar a altura do sensor



10) Trocar as guias da entrada



Procedimento – “Troca de formato na Baumer”

## **OBJECTIVO**

Troca de formato na Baumer

## **EQUIPAMENTOS**

Baumer

## **PROCEDIMENTO**

- 1) Apertar/Alargar guias na entrada da baumer, consoante o tipo de formato a alterar

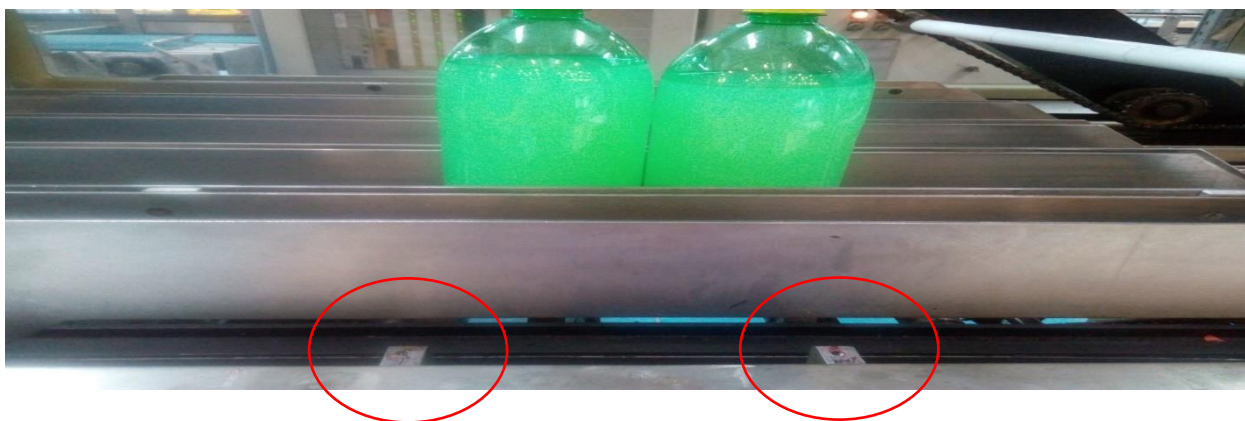


- 2) Trocar as guias laterais (pretas) de dentro da baumer



- 3) Ajustar a entrada das Garrafas

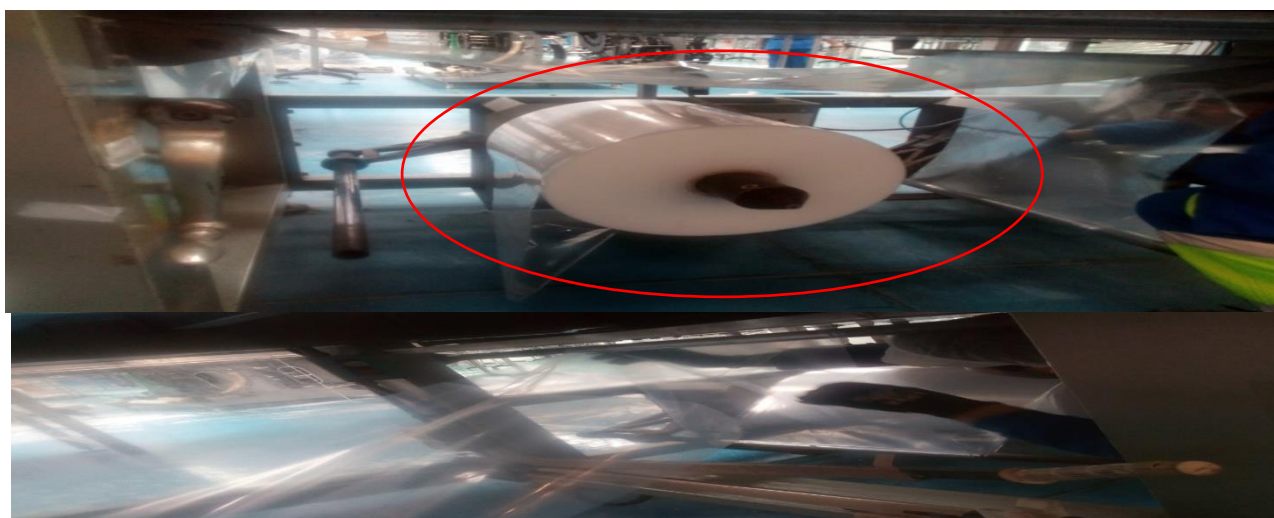




4) Trocar os “palpadores”



5) Trocar o filme



Procedimento – “Esterilização do Flash”

## OBJECTIVO

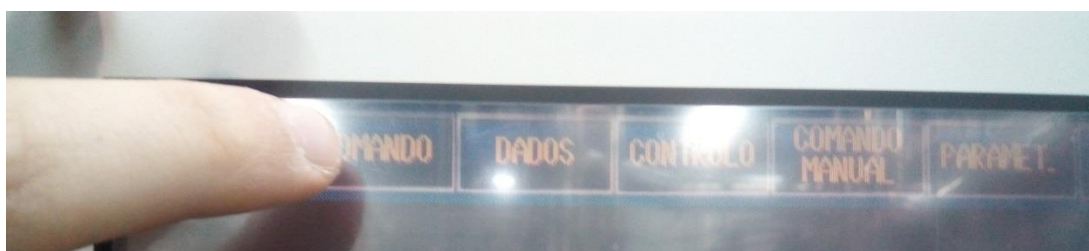
Realizar a esterilização no pasteurizador flash

## EQUIPAMENTOS

Pasteurizador Flash

## PROCEDIMENTO

- 1) Selecionar “Comando”



- 2) Selecionar “Arranque”



- 3) Selecionar “Esterilização com Enchedora”





## One point lesson – “Velocidade SMI 6 pack 33cl”



DEPARTAMENTO DE ENCHIMENTO



### Velocidade SMI 6 pack 33cl

Rev. Marco/2016  
OP090581



A VELOCIDADE DE PRODUÇÃO NA EMBALADORA DEVE SER DE 456000 GARRAFAS/HORA

O VARIADOR DE VELOCIDADE MANUAL TEM DE ESTAR DE ACORDO COM A CONFIGURAÇÃO NA IMAGEM

Obs: Ao serem compridas estas duas condições, a acumulação em produção deve manter-se de forma constante, até próximo do tapete travão, garantindo assim a pressão correcta para produzirmos de forma estável e contínua.



Procedimento – “Troca de formato Lavadora Externa”

### OBJECTIVO

Realizar a troca de formato da lavadora externa de tanquetas para barril

### EQUIPAMENTOS

Lavadora Externa.

### PROCEDIMENTO

1. Retirar as guias das tanquetas
2. “Empurrar” as escovas para a sua posição inicial



### 3. Abrir as três válvulas do ar comprimido



Procedimento – “Troca de formato Despaletizadora”

## **OBJECTIVO**

Realizar a troca de formato na Despaletizadora

## **EQUIPAMENTOS**

Despaletizadora.

## **PROCEDIMENTO**

### 1) Descer o elevador

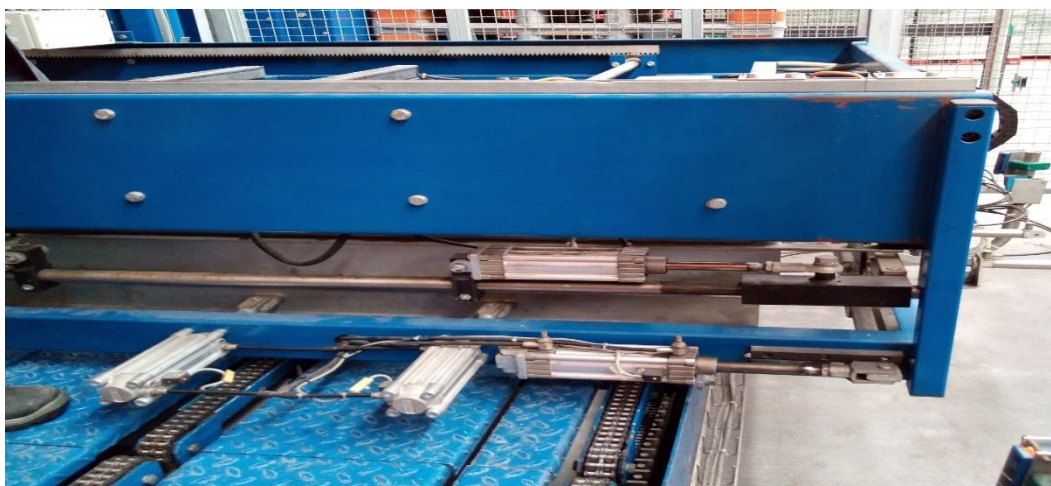
#### 1.1 Colocar a despaletizadora em manual



#### 1.2 Selecionar Lift



1.3 Descer até ao nível em que está na foto



2) Ajustar para a altura correta de acordo com o novo formato a produzir



3) *Reset* ao alarme





- 4) Subir o elevador
  - 4.1 Colocar em Manual



- 4.2 Selecionar Lift



- 4.3 Selecionar Up



- 4.4 Colocar em Automático

Procedimento – “Troca de formato codificadora”

## **OBJECTIVO**

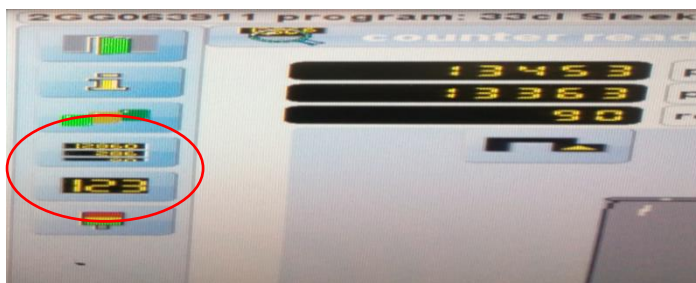
Realizar a troca de formato na codificadora

## **EQUIPAMENTOS**

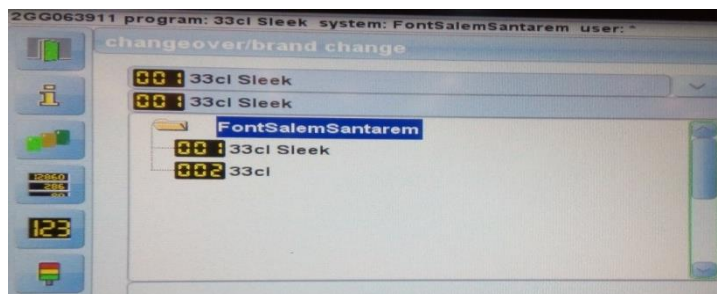
Codificadora.

## **PROCEDIMENTO**

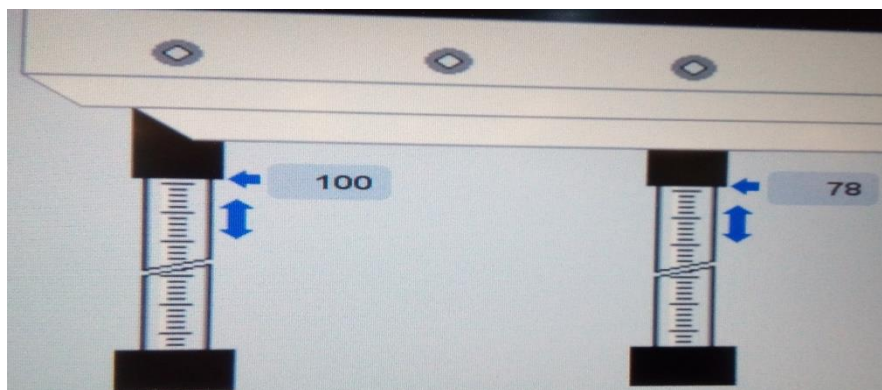
- 4) Selecionar a imagem com as três garrafas como se pode ver na imagem abaixo



- 5) Selecionar o novo formato e confirmar

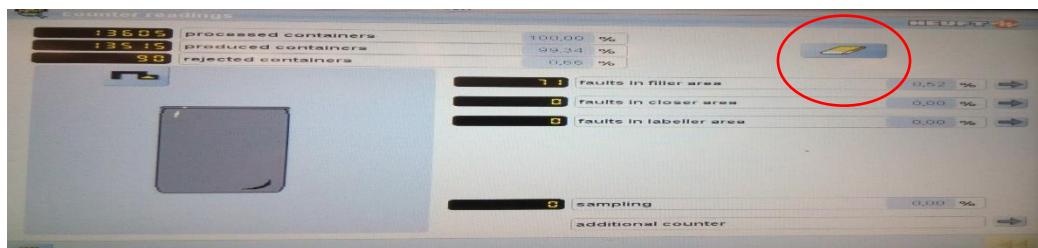


- 6) Ajustar para a altura correta de acordo com as medidas do novo formato

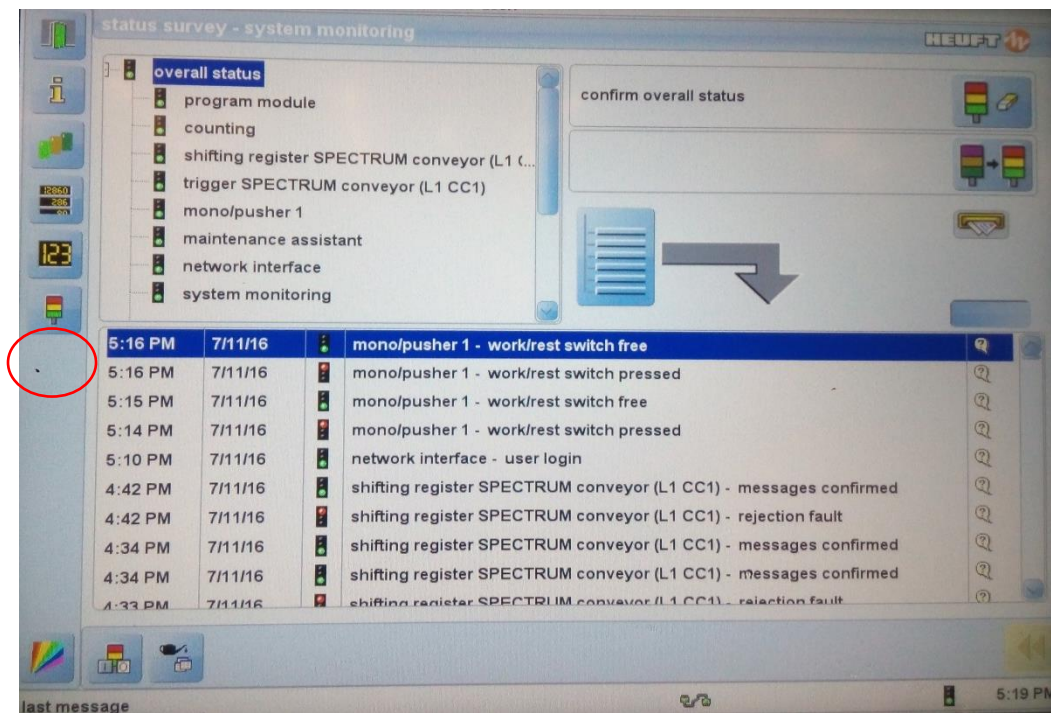




- 1) Para fazer reset á contagem das latas, basta clicar na imagem da borracha (deve-se fazer no início de cada produção)



- 2) Para ver o registo das falhas clicar no botão do semáforo





Procedimento – “CIP à linha da Cerveja”

## **OBJECTIVO**

Realizar o cip à linha da cerveja, para troca de cerveja para refrigerante.

## **EQUIPAMENTOS**

Linha 91.

## **PROCEDIMENTO**

Após o final de produção de cerveja (Flash, enchedoras em final de produção e tanque vazio)

1º O primeiro passo será a colocação dos cabeçotes falsos em ambas as enchedoras



2º Trocar as válvulas da enchedora para a posição do cip como se encontra na imagem abaixo



3º Abrir um pouco as purgas da enchedora



4º Ligar ao fabrico para informar que se vai realizar o cip e pedir os sinais

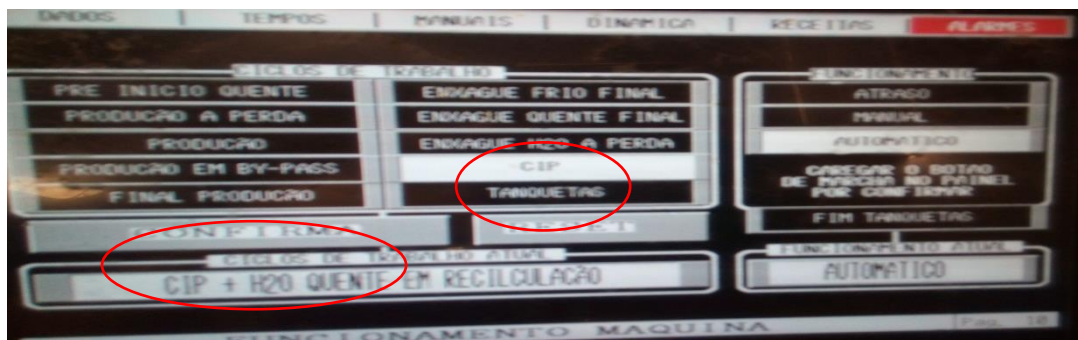
5º Abrir a válvula 66 (válvula do retorno do CIP)



6º Abrir as purgas da tubagem bem como as do tanque



7º Colocar o Flash em CIP

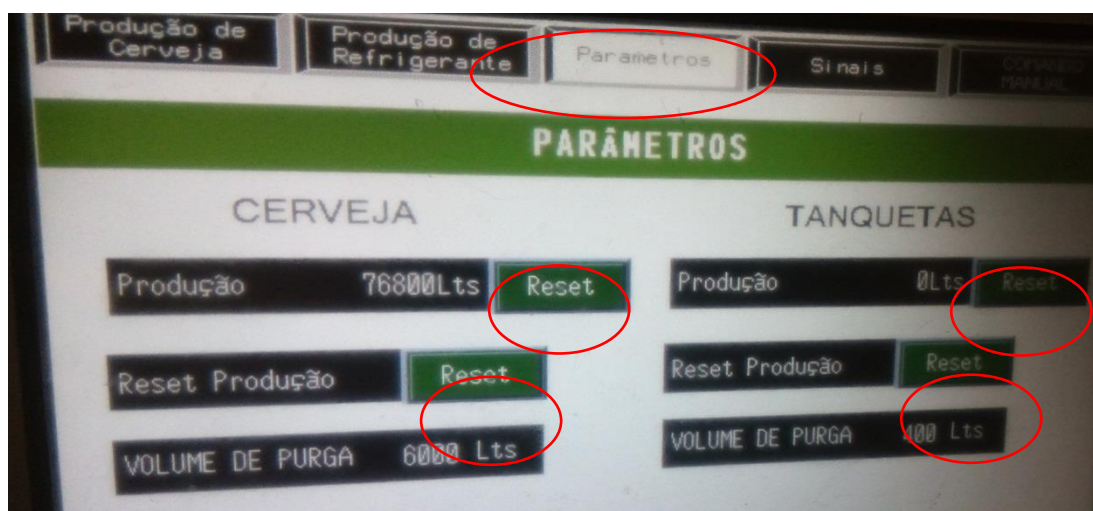


8º Colocar as enchedoras em CIP e colocar em Marcha





9º No painel da Adega fazer *reset* à produção de cerveja

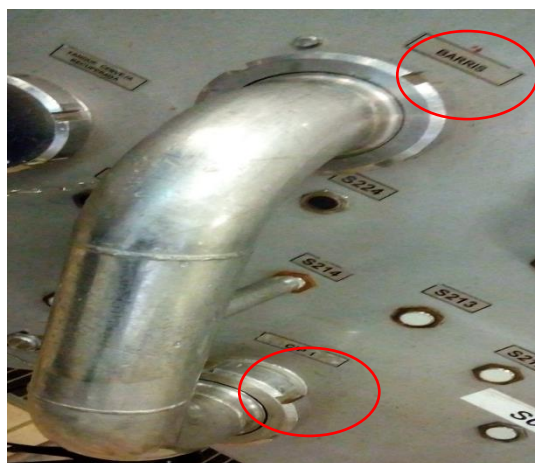


10º Verificar se os grampos estão bem colocados (chegada de cerveja)

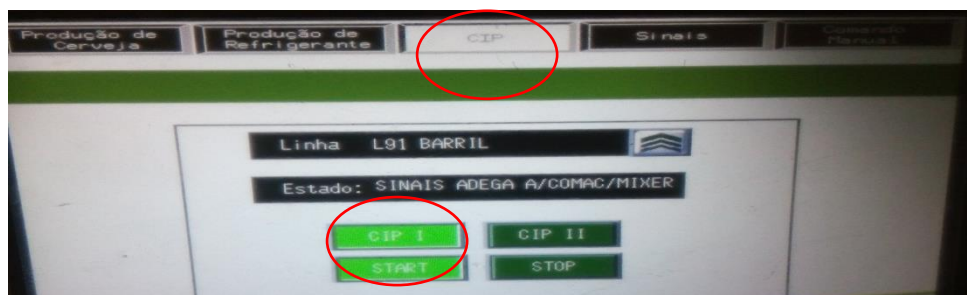


11º Verificar qual a linha de CIP livre e grampar as linhas corretas (exemplo Linha 1 para Linha A e Linha 1 para Barril). Antes de grampar as linhas abrir a válvula de purga para retirar o ar, após colocar os grampos fechar essa mesma purga.

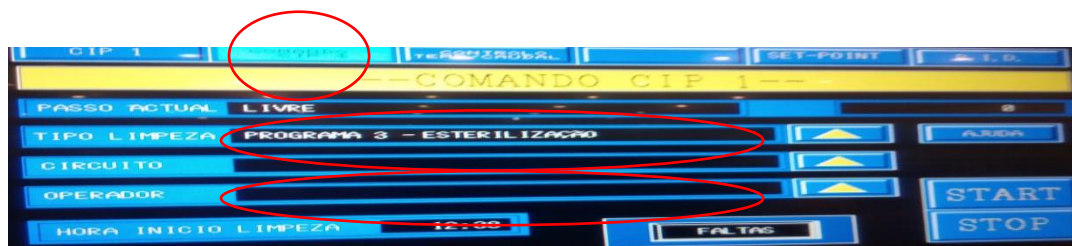
CIP 1		CIP 2		CIP 3		SODA		ÁCIDO		DIS		
ESTADO DO SISTEMA C. I. P.												14
CIP 1	CIRCUITO :							DURAÇÃO :	- 0			
	PROGRAMA :	PROGRAMA 3						CAUDAL :	0.1 m			
	INICIO :	12 : 38						T. ENVIO :	32.7			
	PASSO :	LIVRE						T. RETORNO :	32.7			
CIP 2	CIRCUITO :	Tanque 2 Sala Xaropes						T. ARREFEC :	32.6			
	PROGRAMA :	PROGRAMA 3						DURAÇÃO :	150 s			
	INICIO :	14:06						CAUDAL :	10.0 m			
	PASSO :	ARREFECIMENTO						T. ENVIO :	26.4			
								T. RETORNO :	40.5			



12º No painel da adega colocar a linha correta do CIP a utilizar



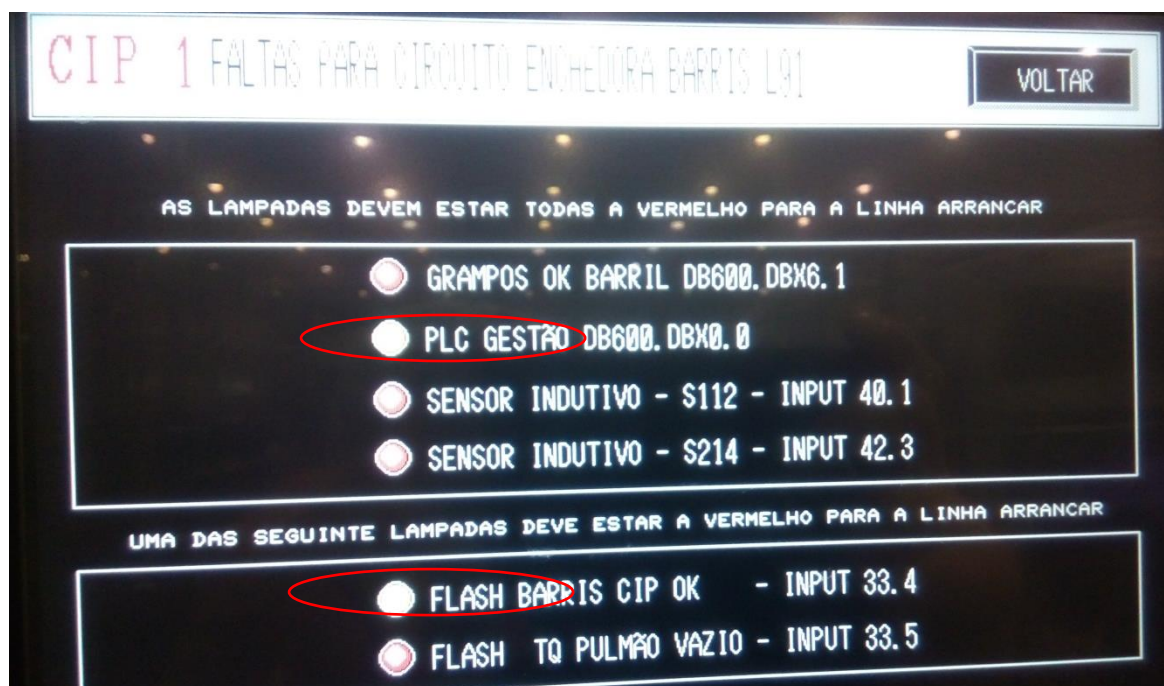
13º No painel do CIP selecionar a linha do cip, depois selecionar o tipo de limpeza (Soda+ácido+esterilização), o circuito (Enchedora L91) e o Operador.



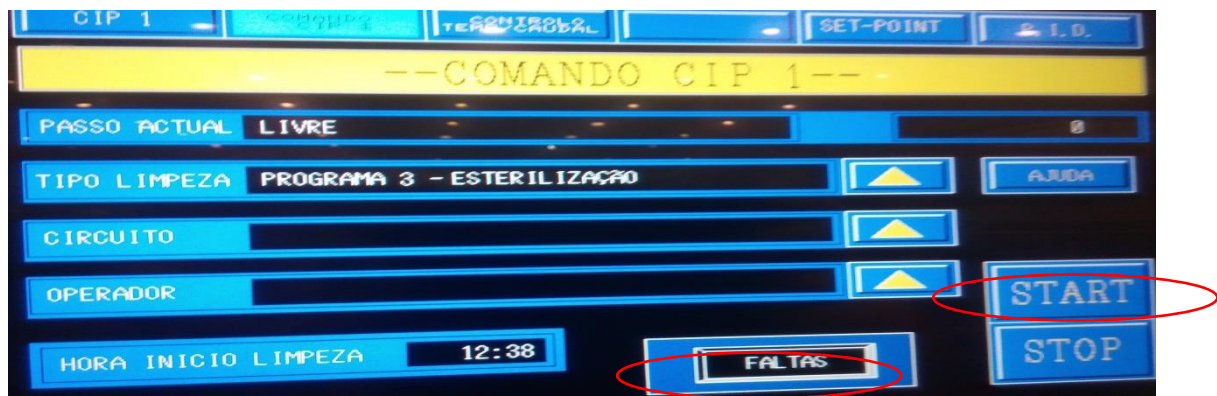


Enchedora L91	Enchedora L95	TQ. 1 Sala de Xaropes
Enchedora L91+MIX	SX+MIX+L96 ASSETICA	TQ. 2 Sala de Xaropes
MIXER L91	PASTEU. ASSETICA	TQ. 3 Sala de Xaropes
Enchedora L92	TANQUE ASSETICA	TQ. 4 Sala de Xaropes
Enchedora L92+MIX	MIX+Flash ARSP+L95	TQ. 5 Sala de Xaropes
Barrilete	MIX ARSP+L95	TQ. 6 Sala de Xaropes
TQ. Recuperação Cerveja	Linha Xarope Quente + Filtros	TQ. 7 Sala de Xaropes
Linha 93 AdegaC	Dissolutor 1	TQ. 8 Sala de Xaropes
Linha 93 Adega D	Dissolutor 2	TQ. 9 Sala de Xaropes
SX+ MIX+L93	Dissolutor 3	TQ. Agua Quente
Linha 94 AdegaC	TQ. 1 Isoglucose	TQ. Xarope Quente
Linha 94 Adega D	TQ. 2 Isoglucose	TQ. Xarope Simples 1
SX+MIX+L94	Linha Isoglucose	TQ. Xarope Simples 2

14º Antes de iniciar o CIP, verificar a existência das faltas, todos os sinais têm de estar a vermelho



15º Iniciar o CIP (Confirmar que o flash, enchedoras e painel da adega estão em marcha)



Procedimento – “Troca de produto enchedora linha 93”

## **OBJECTIVO**

Realizar a troca de Produto na Enchedora.

## **EQUIPAMENTOS**

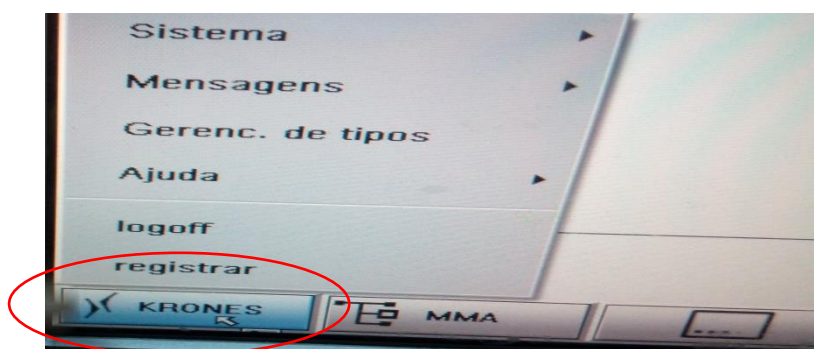
Enchedora.

## **PROCEDIMENTO**

Antes de realizar a troca do produto verificar se a estrela e as guias são as correctas para a lata que se vai utilizar

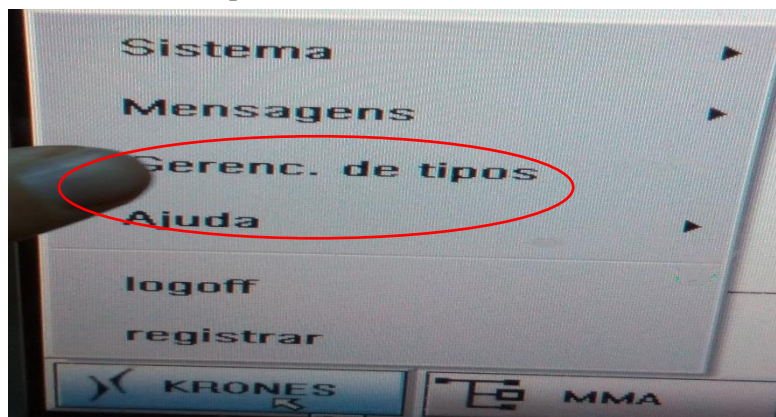


1) KRONES

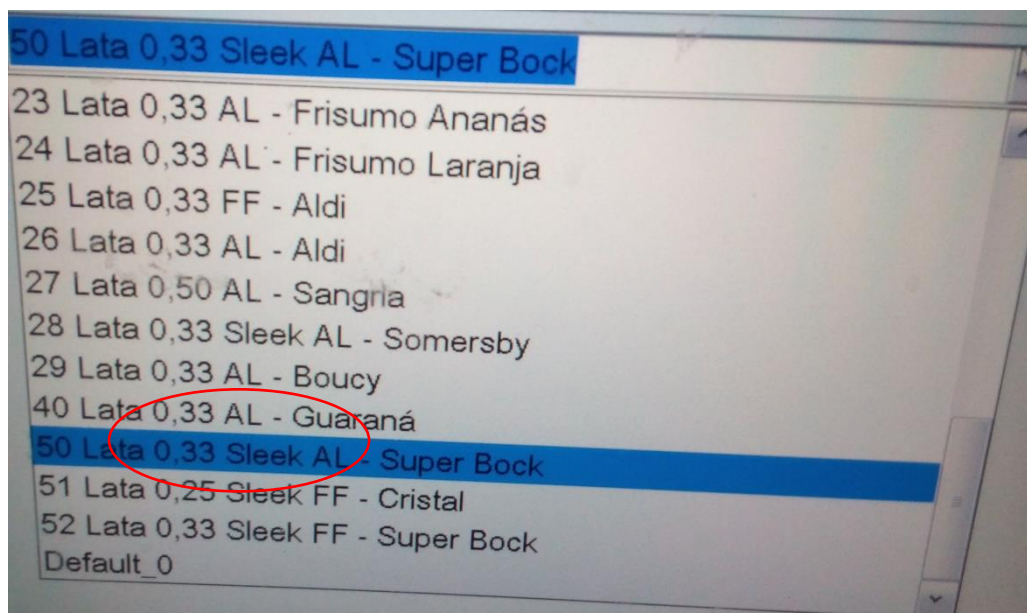




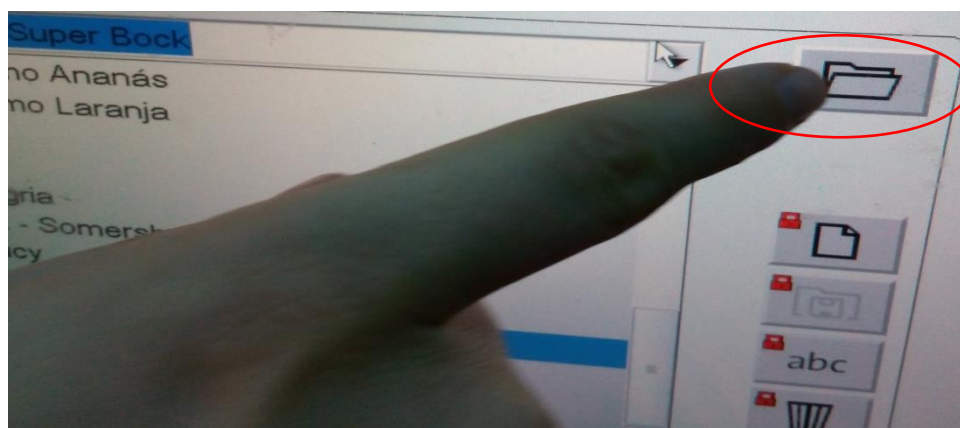
2) Gerenc. De tipo

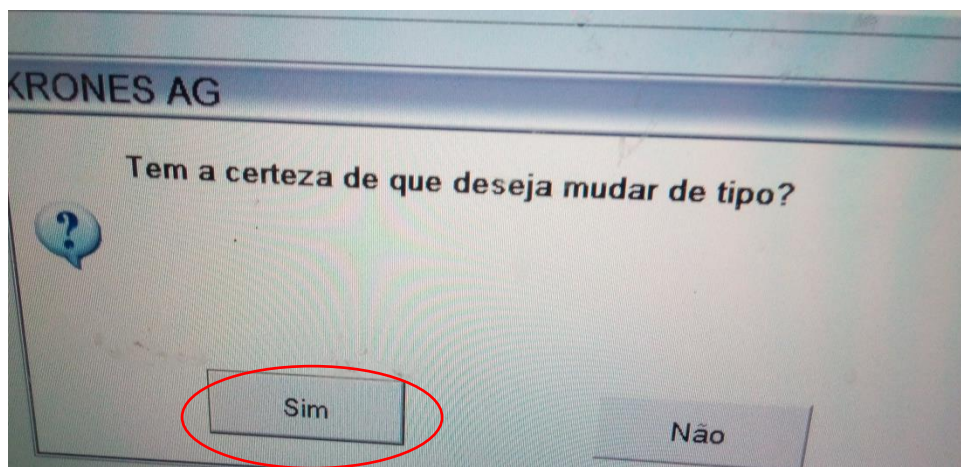


3) Escolher produto



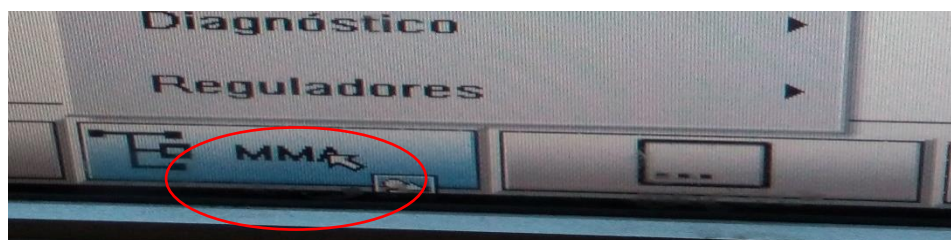
4) Selecionar e confirmar



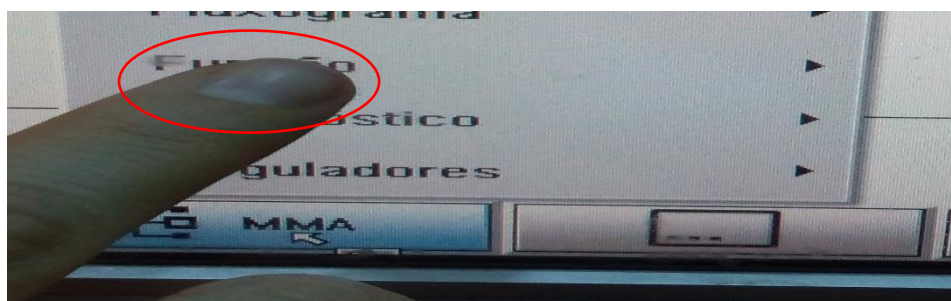


Ajustar a altura

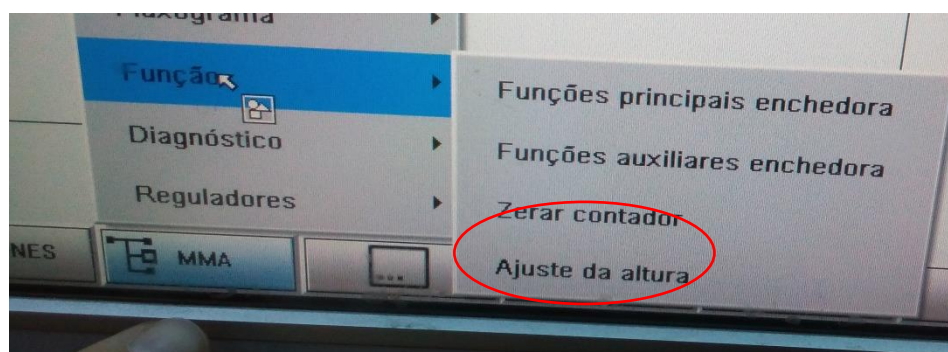
5) MMA



6) Função

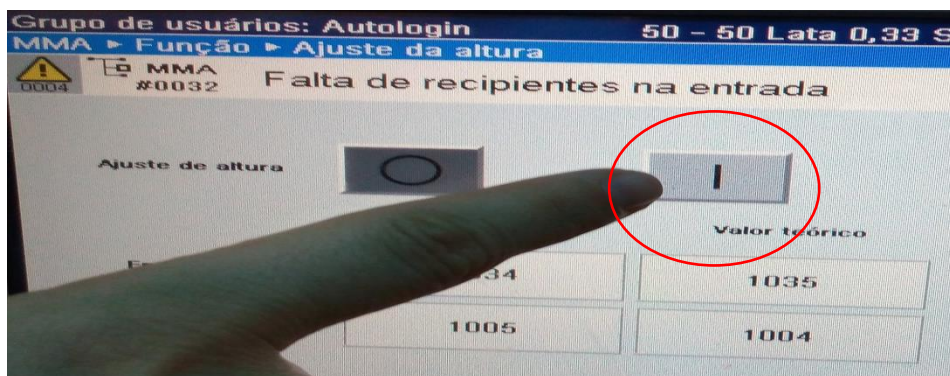


7) Ajuste de altura





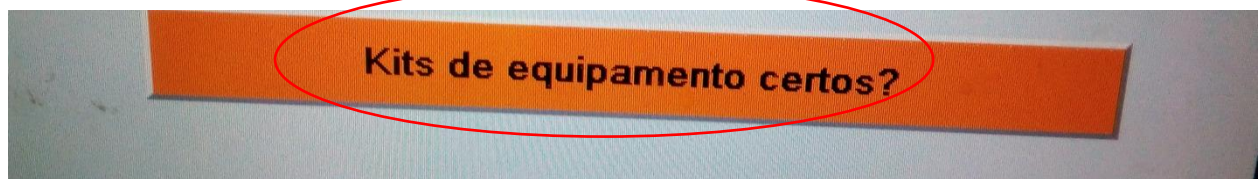
8) Selecionar o l



9) Início



10) Confirmar os kits de equipamento certos



11) Desligar o ajuste de altura

